

مقدمة قصيرة جدًّا

الحفريات

كيث طومسون

الحفريات

الحفريات

مقدمة قصيرة جدًّا

تأليف
كيث طومسون

ترجمة
أسامة فاروق حسن

مراجعة
هبة نجيب مغربي



الحفريات

كيث طومسون

Fossils

Keith Thomson

الطبعة الأولى ٢٠١٥م
رقم إيداع ٥٩٤٩ / ٢٠١٤
جميع الحقوق محفوظة للناشر مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة
المشهرة برقم ٨٨٦٢ بتاريخ ٢٦ / ٨ / ٢٠١٢

مؤسسة هنداوي للتعليم والثقافة

٥٤ عمارات الفتح، حي السفارات، مدينة نصر ١١٤٧١، القاهرة
جمهورية مصر العربية
تليفون: ٢٢٧٠٦٣٥٢ ٢٠٢ +   **فاكس:** ٣٥٣٦٥٨٥٣ ٢٠٢ +
البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org
الموقع الإلكتروني: http://www.hindawi.org

طومسون، كيث.
الحفريات: مقدمة قصيرة جدًّا/تأليف كيث طومسون.
تدمك: ٩٧٨ ٩٧٧ ٧١٩ ٧٥٨ ٨

١–الحفريات، علم

أ–العنوان

٥٦٠

تصميم الغلاف: إيهاب سالم.

نُشر كتاب **الحفريات** أولًا باللغة الإنجليزية عام ٢٠٠٥. نُشرت هذه الترجمة بالاتفاق مع الناشر الأصلي.

المحتويات

شكر وتقدير

بوصفي متخصصًا في علم الأحياء التطوري وشغوفًا بعلم الأحياء النمائي وعلم وظائف الأعضاء، كان لانجذابي إلى علم الحفريات شقان اثنان: اكتشاف الكيفية التي ينير بها أفكارنا عن التطور، وكذا البحث عن سبل للاستعانة بمعرفتنا بالكائنات الحية في «بث الحياة» من جديد في الحفريات. وعلى الرغم من أنني أمضيت وقتًا طويلًا — حتى إنني لا أتذكر كم طال — في البحث في الحفريات، فإنني لم أشرع في أن أكون عالم متحجرات. وإني لذلك ممتنٌّ غاية الامتنان لزملائي على كلا الجانبين الأكاديميين اللذين يمثلان وجهيْ عملة واحدة وأعني بهما علم الأحياء الحديثة وعلم المتحجِّرات؛ لتسامحهم معي في عمليات الغزو التي قمت بها على مدار سنوات في تخصُّصَاتهم، بل وتقديمهم يد العون لي إبَّان ذلك. لقد كنت أعمل دائمًا على حفريات الفقاريات لا على اللافقاريات أو النباتات أو الفطريات، وقد يبدو هذا التحيز واضحًا في الأمثلة التي استعنت بها؛ ولكن المبادئ على أية حال واحدة في كل الحفريات.

أجد لزامًا عليَّ أن أتوجه بالشكر إلى إريك سبيرلينج لمعاونته البحثية التي لا تقدر بثمن، وكذا لمارشا فيليون من مطبعة جامعة أكسفورد لتشجيعها الحماسي الذي قدَّمته. أما ليندا برايس طومسون، وجيم كينيدي، وكريستين أندروز-سبيد، ومارك سوتون، وإيان تاترسال، وجينو سيجري، وأنتوني فيوريللو، فقد تفضلوا بقراءة نص الكتاب كله أو بعضه وأصلحوا بعضًا مما اعتراه من هفوات. كذلك قدم كلٌّ من إليزا هاوليت، وديريك سيفيتر، وفيليب باول، ومارك روبنسون، وبيثيا توماس، ودايانا بيرش، وتد دايشلر، وكارل تومبسون إسهاماتهم النفيسة. ولا يفوتني أن أنوِّه إلى أن ليندا برايس طومسون هي من قامت برسم الأشكال (٦-٢) و(٧-١) و(٩-١) التي بداخل الكتاب.

الفصل الأول

مقدمة

الحفريات (أو الأحافير) لغةً هي كل ما يُحفر باطنُ الأرض لاستخراجه.

* * *

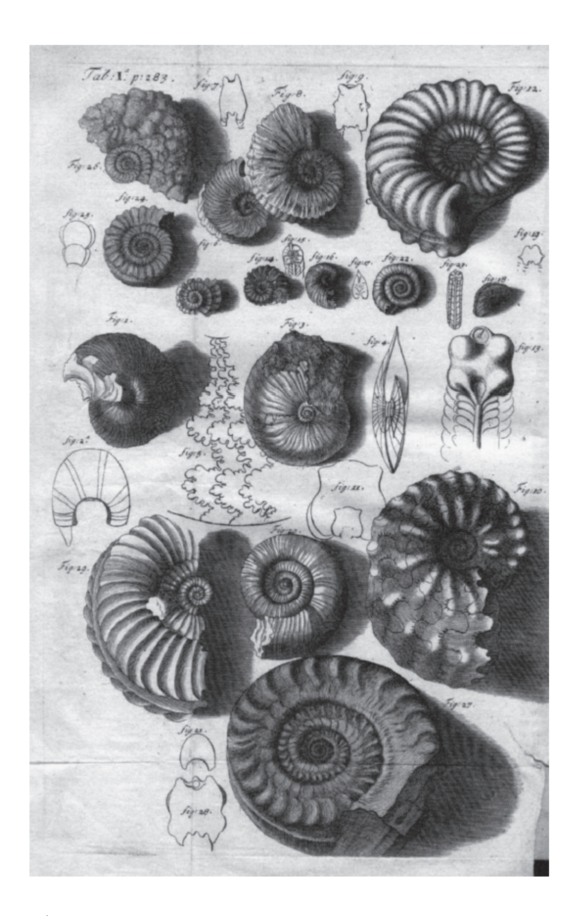
ما زلت أتذكر وكأنه كان بالأمس متى عثرت على أولى حفرياتي وأين. كان ذلك في أوائل شهر أبريل عام ١٩٦١، أما المكان فكان مقاطعة آرتشر بولاية تكساس، التي كانت حينذاك — كما هي الآن — ضربًا من الأراضي الوعرة، فهي جافة تقطعها بعض المستنقعات الضحلة التي ترى فيها بسهولة الصخور الخضراء الضاربة إلى الرمادية والصخور الحمراء التي تنتمي إلى العصر البرمي، والتي تحيا فيها الحيات ذات الأجراس في رغد من العيش. وقد عثر على حفريات داخل تلك الصخور قبل ما يربو على مائة عام. كنا ننقب عن الأسماك، والبرمائيات الأولى، والزواحف، وكانت أول حفرية عثرت عليها فقرة عظمية واحدة رمادية اللون. أسفل قشرة مغلفة لها من الحجر الجيري، كان من الممكن رؤية قناة الحبل الشوكي، بجانب أسطح التمفصل مع الفقرات المجاورة. وكشفت عملية التنقيب التي جرت وأنا جاثٍ على ركبتيَّ عن المزيد من الأجزاء والقطع، جميعها من ذيل حيوان برمائي في حجم التمساح يدعى أريوبس. وكان الأرجح أن الحيوان قد لقي حتفَه في موضع آخر؛ إذ لم تكن هناك آثار أخرى باقية منه؛ لقد انجرفت تلك العظيمات القليلة مع تيار ماء وترسَّبت داخل بقعة صغيرة ضحلة من الطمي. ثم طُمر الطمي والعظم أسفل المزيد من الطبقات الرسوبية وتحول في بطء إلى تكوين صخري. حدث ذلك قبل ٢٢٠ مليون عام، عندما كانت المنطقة عبارة عن دلتا نهر مكتظة بالمستنقعات. كما حوت جيوب أخرى حاملة للحفريات تقع بالقرب من المكان قشور أسماك وعظام فقرية لأسماك قرش. وحوى البعض منها بقايا حيوان الديميترودون الغريب؛ وهو حيوان من

الزواحف تمتد أشواك فقراته مكونة شراعًا مرتفعًا فوق ظهره. أي على الصعيد العلمي البحت، لم تكن حفريتي الأولى مثيرة للاهتمام بشدة، ولكنني أصبحت شديد الشغف بالمجال.

في الفقرة الأولى من الفصل ذكرت بعض العبارات التي تعبر عن حقائق (وجود الحفرية، وشكلها، وهوية الحيوان الذي تنتمي إليه، وطبيعتها المتحجرة، والبقايا المرتبطة بها) وبعض الاستنتاجات المبنية على حقائق أخرى (عمر الصخور، وما حدث للحيوان الأصلي عند موته، والبيئة الأصلية التي وقع فيها كل ذلك). وفي هذا الكتاب، سوف أشرح الأساس الذي يقوم عليه كل ذلك: تعريف الحفريات وبعض المفاهيم والمبادئ التي بنيت عليها دراسة الحفريات. وسوف أناقش أيضًا الأهمية الأشمل للحفريات المتمثِّلة في إثراء معرفتنا بتاريخ الأرض والحيوانات والنباتات — ويشمل ذلك الحديث عن أسلافنا الأوائل — التي استوطنتها بمختلف الصور طيلة مليارات السنين الماضية.

منذ أقدم العصور، تباين تاريخ تفسيرات ماهية الحفريات والنظريات التي تفسر معناها. ففي البداية، كانت كلمة حفريات تُستخدم للإشارة إلى أي شيء يجري حفر باطن الأرض لاستخراجه منها، بما فيها المعادن والأحجار الكريمة أو خامات الفلزات، علاوة على البقايا العضوية المتحجِّرة التي صرنا الآن نقصر استخدام المصطلح عليها وحدها. ثمة أدباء إغريق قدامى مثل إمبيدوكليس وزينوفانيس ممن كانت لديهم فكرة لا بأس بها عن كنه الحفريات، مثلما كان الحال مع ليوناردو دافينشي، غير أن الحفريات اكتسبت أهمية مميزة عندما وصلت جميع التداعيات الفلسفية/العلمية المتقاطعة لمجرد فكرة وجود الحفريات على كوكب الأرض إلى نقطة حرجة. بل إن في استطاعتنا أن نحدد بدقة متناهية اسم المؤلف وتاريخ الحدث: إنه العالم الإنجليزي روبرت هوك، الذي وضع مؤلفه في عام ١٦٦٥. قبلها، كان من الممكن التعامل مع الحفريات باعتبارها أشياء غريبة مثيرةً للفضول؛ ومنذ ذلك الحين، صارت الحفريات بدرجات متفاوتة أساسًا لثورة علمية وتهديدًا لأصول ثابتة في علم اللاهوت.

قبل هوك، كان من الممكن ألا تحظى الحفريات بأي اهتمام باعتبارها محض «غرائب الطبيعة»؛ أو «أحجار متشكلة»، وكان علينا أن نحلم بنظريات معقدة كي تفسر لنا وجودها من زاوية «القوة التشكيلية» في التربة أو خواص البلورات. وبالنسبة لأناس آخرين، كانت الحفريات تمثل الدليل المادي على الطوفان العظيم الذي ورد ذكره في الإنجيل. أما بالنسبة للعلماء، فقد صارت الحفريات هي الحقائق المركزية لنظرية حول



شكل ١-١: ساعدت رسوم روبرت هوك الدقيقة للحفريات — مثلما يتبيَّن في هذه اللوحة للأمونيتات من كتابه «محاضرات ومقالات عن الزلازل» (نُشر بعد وفاته في عام ١٧٠٥) — في إقناع القراء بطبيعتها العضوية.

تغير كوكب الأرض بالغ القدم. قادتنا الحفريات إلى فهم تلك الحركة الدائبة التي لا تهدأ للقارات، والتقلبات المناخية، وتاريخ الحياة الذي يخضع لسلسلة لا تتوقف من عمليات النشوء والانقراض.

من خلال دراسة الحفريات، يمكننا تحديد الأنماط المتغيرة للتنوع البيولوجي على كوكب الأرض، لنكتشف أنه كانت هناك فترات مباغتة من الانقراض الجماعي، وفترات أخرى من التنوع الشديد. إن الحفريات تساعد على توضيح كيف انجرفت الصفائح القارية في جميع أنحاء سطح الكوكب، وكيف تغير سطح كوكب الأرض؛ إذ إنها توضح — على سبيل المثال — أن بِحارًا ذات أعماق سحيقة كانت موجودة ذات يوم في مواضع صارت الآن أرضًا يابسة. يمكننا رسم خارطة لتغيرات بالغة القدم في المناخ، فنكتشف ضمن أمور أخرى أن القطبين الشمالي والجنوبي الحاليين كانا عبارة عن جنات شبه استوائية.

لقد بدأت الحفريات تبرهن على كل تلك الأشياء قبل ظهور نظرية تشارلز داروين عن الانتخاب الطبيعي بزمن طويل، وهي النظرية التي طُرحت رسميًّا عام ١٨٥٩ وقدمت الآلية السببية لأصل الأنواع. وقد اكتشِفت حفريتا الزاحف/الطائر المسمى أركيوبتركس (١٨٦٠) وإنسان نياندرتال (١٨٥٦) في الوقت المناسب تمامًا لإثبات نظريات داروين: فقد كانت بمثابة «الحلقات المفقودة» في سلسلة متصلة من الوجود تمتد إلى بدء الخليقة. والآن صار كل اكتشاف جديد يعيد تحديد نطاق بحثنا عن «حلقات» جديدة؛ فإننا في حالة بحث عن أسماك ذات أرجل، وديناصورات ذات ريش، ودائمًا عن أسلاف الإنسان. أما فيما يتعلق بالتطور البشري، فإنه تمامًا مثلما كشف جاليليو بتلسكوبه عن وجود عوالم من وراء عوالم هناك في الفضاء الخارجي، ومن ثم اختزل مكانة كوكب الأرض (والإنسان معه) إلى حصاة لا أهمية لها في الكون شاسع الأرجاء، فإن تاريخ الحفريات على تلك الأرض بالغة القدم يكشف عن أن الإنسان العاقل ليس سوى وافد جديد على عالم الحيوان، وأنه على الأرجح مخلوق محكوم عليه بالانقراض مثل بقية المخلوقات الأخرى.

تقدم الحفريات نوعًا من العلم يسهل جدًّا الحصول عليه؛ فكثير من الباحثين الجادين كان مبعث اهتمامهم الأول بالعلم ذلك الحماس الذي شعروا به تجاه الحفريات. إن متاحف التاريخ الطبيعي تعتمد على الحفريات — وتحديدًا الديناصورات — في اجتذاب قطاع عريض من الزوار، ومن ثم الدخل؛ وهي تعتمد على صائدي الحفريات في تقديم الموضوع للجمهور. وتمثل الحفريات لعلماء المتحجرات — سواء المتخصصين منهم أو الهواة — اندماجًا رائعًا بين رومانسية القرن التاسع عشر وبين الوضوح القاسي الرزين للعلم المعاصر. ولا يزال جمع الحفريات — سواءٌ من على سهل شاسع يقع في بلد أجنبي، أو بالحفر المتناثر في أرجاء شلالات جرف لايم ريجيس — واحدًا من الأنشطة النادرة

(يشاركه في ذلك علم الفلك للهواة) التي تتيح لشخص بمفرده — أو يعمل وسط مجموعة قليلة العدد — أن يحقق إنجازات رائعة؛ فبإمكانه — متسلحًا بمطرقة وعين فاحصة ليس إلا، مثله مثل المنقِّب عن الذهب — أن يقدم إسهامًا جوهريًّا للعلم.

وقد اتَّسع نطاق علم المتحجرات بصورة هائلة، سواءٌ على نطاق الهواة أو المتخصِّصين خلال السنوات الخمسين الماضية. فعندما حضرت اجتماع جمعية متحجرات الفقاريات لأول مرة في عام ١٩٦١، كان عدد الحاضرين قرابة الثلاثين فردًا، وفي العام الماضي كان هناك ما يزيد عن ٢٠٠٠ شخص.

المخلوقات من أمثال الديناصورات والأمونيتات وثلاثيات الفصوص والزواحف الطائرة والماموث (نادرًا ما تجتذب الحفريات النباتية اهتمام الجمهور) نصف حقيقية ونصف خيالية. وإننا نفتتن بمدى ألفتها قدر ما نفتتن بمدى غرابتها. بل يصل الأمر إلى أنها تصبح صديقة للأطفال؛ فمثلًا الطفل الذي يبلغ من العمر ست سنوات والذي يتلعثم في البداية لإتقان أسمائها العلمية، سرعان ما نجده يجمع لعبًا تحاكيها بدقة يضمها إلى مجموعة لعبه اللينة التي يحتفظ بها في غرفة نومه؛ ومن ثم فإنها تُسهم في دعم صناعة واسعة الانتشار.

في حين أن الديناصورات تنتمي إلى الماضي السحيق، فإن الإنسان المنتصب وإنسان نياندرتال يشعراننا بالخوف إلى حدٍّ ما؛ إذ إنهما من جميع الزوايا قريبين منا بصورة تشعرنا بالخطر. ونحن لسنا مضطرين للجوء للرسوم الكاريكاتورية الشنيعة البعيدة عن الواقع التي تصور أسلافنا وأبناء عمومتنا في هيئة وحوش كثيفة الشعر تمشي في تثاقل حتى نتقبل فكرة أنه منذ عهد قريب — بالقياس إلى الأزمنة الجيولوجية — كان أجدادنا الأوائل ليست لديهم لغة أو حضارة مادية. إن سجل الحفريات الذي يقول إن الرسم والنحت لم يظهرا إلا منذ حوالي ٣٠ إلى ٤٠ ألف عام مضت — وفي سياق أناس يشبهوننا كثيرًا من الناحية الجسمانية — من شأنه إما أن يجعلنا نشعر بالفخر بذلك الذي بدأ نشأة التكنولوجيا والثقافة التي تمخضت لنا عن رامبرانت وتيرنر وتوايلا ثارب وفرقة البيتلز وشكسبير، أو يجعلنا نشعر بالتواضع الشديد. فلا عجب إذن أن فكرة أننا — بني البشر — خلقنا الإله خلقًا خاصًّا لها جاذبيتها الخاصة.

غير أن الديناصورات والبشر ليسا سوى مكوِّنَين فحسب من طيف هائل من عالم الحفريات. فإذا امتدَّ بنا النظر للوراء بعيدًا نحو بدايات نشأة كوكب الأرض لوجدنا بالفعل مئات الآلاف من الأنواع يمثلها ملايين لا حصر لها من العينات غير الجذابة الراقدة

بلا حياة ضمن مقتنيات المتاحف (ولا تزال أعداد هائلة منها مطمورة وسط الصخور). هذا هو المكان الذي يصبح فيه العلماء وهم يرتدون معاطفهم البيضاء في صدارة المشهد حقًّا؛ ففي استطاعتهم أن يحسبوا ويقيسوا ويشرِّحوا ويمسحوا بالأشعة السينية والأشعة المقطعية، أو يضعوا نماذج باستخدام الكمبيوتر، ثم يبنوا رؤى عن العالم الذي ما كان لنا بخلاف هذا سوى أن نحلم به. ويمكنهم أيضًا أن يوثقوا لمسار التغير التطوري وأن يقودونا نحو وجهات نظر تتعلق بالآليات المحتملة. إن فحص قطعة من حفريات قاع البحر في حجم كرة الجولف يمكن أن يدلنا على أماكن ننقب فيها عن النفط أو الغاز. والحفريات متناهية الصغر التي لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة تقول لنا إنه قبل ٧٠٠ مليون عام مضت كانت الأرض مطمورة في عصر جليدي أعظم كثيرًا من ذلك الأخير؛ كما يمكنها أن تخبرنا الكثير عن المناخ، وإبان ذلك تنبِّهنا لما سيجري في المستقبل.

في كل يوم في مكان ما من العالم، يحفر العشرات من المتخصصين في علم المتحجرات في موضع جديد أو يمسحون الترسبات القديمة ومجموعات من مقتنيات المتاحف، بحثًا عن شظية أخرى تنير لهم الطريق نحو علوم الأرض والحياة. ولا يزال هناك الكثير والكثير لنتعلمه عن الحفريات نفسها وعن الظروف والتقلبات التي أدت إلى موتها والتي أتاحت حفظ بعض الأفراد (رغم الصعوبات الهائلة) وتحولهم إلى صخور. كذلك لأن الحفريات تمثل شيئًا كبيرًا للغاية في عيون العامة، هناك دومًا أشياء زائفة يجب كشف اللثام عنها ونظريات خاطئة يجب رفضها. ولا تزال هناك اكتشافات عظيمة علينا التوصل إليها؛ فقط بمجرد حفر الأرض.

الفصل الثاني

ظاهرة ثقافية

هناك أمر محير في مجال علمي أُسِّس بأكمله على الكائنات التي صارت مهمة بالنسبة لنا فقط بعد موتها، بل ولموتها. إن الحفريات تخلب ألبابنا عندما تكون مختلفة تمامًا عن حياتنا المعاصرة على الأرض، ويفصلها عنا فترات زمنية لا نكاد نتخيَّلها، وكذلك عندما تربط بين الأنواع الحية مثلنا نحن وبين أجدادنا المباشرين. أيًّا كان العصر الذي جاءت منه، فإن تلك الكائنات الميتة التي عاشت في أزمنة أخرى تمثِّل بالنسبة لنا خيالًا، وفي الوقت نفسه تبدو مألوفة على نحو غريب. إن الحفريات تكشف لنا عن عوالم بالغة القدم سكنتها وحوش غريبة ونباتات عجيبة، كان وجودها يشبه عالمنا المعاصر بصورة غريبة، ومع ذلك فهو مختلف عنه بصورة تخلب الألباب؛ فهي لا تأسر خيالنا فحسب، وإنما تختبر كذلك أفكارنا عن الحياة نفسها. وفي الواقع، من المستحيل أن نتخيَّل كيف كانت نظرتنا الراهنة للعالم ولأنفسنا ستتغير لو لم نكن نعلم شيئًا عن الحفريات على الإطلاق.

الحفريات قبل عصر التنوير

رغم أن تقبل جمهور العامة لمسألة الطبيعة العضوية للحفريات — أي كونها بقايا كائنات كانت حية ذات يوم حُفظت داخل الصخور ثم تحولت هي نفسها إلى صخر — لم يتحقَّق إلا مع مطلع القرن التاسع عشر، فإن علم المتحجِّرات المعاصر بدأ في الثلث الأخير من القرن السابع عشر مع كتابات روبرت هوك (في «ميكروجرافيا» ١٦٦٥، و«محاضرات ومقالات عن الزلازل» ١٦٦٨)، تلاها عام ١٦٦٩ مؤلَّف «بحث تمهيدي» لنيلز ستينسن (سُمي لاحقًا نيكولاي ستينونيس ويدعى الآن باسم ستينو وحسب). كان

هوك عبقريًّا بحق كما كان عضوًا متعدِّد الثقافات بالجمعية الملكية بلندن، وقد درس فيما يبدو علم الجيولوجيا بصورة غير رسمية على الإطلاق. أما ستينو — الذي لم يكن يقل عنه عبقرية — فكان في البداية متخصصًا في التشريح بجامعة ليدن ثم لدى البلاط الملكي لآل ميديتشي بفلورنسا. وقد كرَّس سنوات من عمره لدراسة جيولوجيا إقليم توسكانا، قبل أن يتَّجه إلى حياة من التفاني وإنكار الذات قسًّا وأسقفًا كاثوليكيًّا.

قبل هوك وستينو، كانت تفسيرات الطبيعة وأسباب تكون الحفريات الشغل الشاغل لدى الفلاسفة على اختلاف توجهاتهم. وكانت أولى العقبات في وجه الكشف عن أسرار الحفريات هي أن أيسر مكان يمكن العثور عليها به عند الجروف والجبال. فإذا كانت تلك الحفريات بقايا أسماك ورخويات حقيقية، فكيف وصلت إلى هناك؟ لم يكن يبدو ممكنًا أن تكون الأرض تغيَّرت بهذا الشكل، حتى إن ما كان قاعًا للبحر ذات يوم صار الآن يرتفع عن سطح الأرض لآلاف الأمتار. وجاء ليوناردو دافنشي ليقدم ما بدا أنه الإجابة الوحيدة الممكنة: أن مستويات سطح البحار قد انخفضت؛ وقد قدم ستينو تفسيرًا مماثلًا. أما هوك — من ناحية أخرى — فأصر على أن الجبال ارتفعت من قاع البحر بفعل الزلازل والحرارة الداخلية للأرض. وبدون ميزة الفهم المتقدم للقوى العملاقة التي (عادةً) تشكل وتغير من طبيعة كوكب الأرض بصورة لا تدركها حواسنا، وبدون فهم المدى الهائل للأزمنة الجيولوجية، كانت تلك التفسيرات ستبدو على أفضل تقدير لا يمكن تصديقها.

كانت هناك صعوبة أخرى تكمن في أن الكائنات التي تحوَّلت إلى حفريات مختلفةٌ بصورة ملحوظة عن الأنواع التي تعيش الآن. فهل كانت نسخًا معيبة من الأنواع الحديثة أم أنها كانت «انحرافات شاذة عن الطبيعة السوية»؟ كان مفهوم «الانقراض» واضحًا بالنسبة لهوك، غير أنه كان يتعارض بصورة مباشرة مع التفسير التوراتي للخلق الذي يتحدَّث عن واقعة خلق وحيدة؛ إذ كانت فكرة الانقراض تعني ضمنًا أنه كانت هناك أكثر من حلقة في مسلسل الخليقة، وأن الإله عندما سمح لتلك المخلوقات بالانقراض كان كمن غيَّر رأيه أو حتى أقرَّ بوجود أخطاء.

حفريات أعلى الجبال

والآن لو أن كل تلك الأجسام كانت في الحقيقة أصداف أسماك، وهي الأقرب في الشبه إلى ذلك، وأن تلك الأجسام توجد على قمم أكبر جبال العالم ... فإنه حجة قوية على أن الأجزاء السطحية

> من الأرض تعرضت لتغيرات شديدة منذ البداية، وأن قمم الجبال كانت في الأصل مغمورة تحت الماء، ويمكن الزعم كذلك أن أجزاءً متنوعة من قاع البحر كانت في ذلك الحين جبالًا.
>
> روبرت هوك، «محاضرات ومقالات عن الزلازل» (١٦٦٨)

وجاء إدراك أن قشرة الأرض تحتوي على طبقات عديدة من الصخور، يبلغ سمكها بضعة آلاف من الأقدام، تحتوي على مجموعات من الحفريات المتنوعة (مترسبة في الغالب تحت الماء)، ليُرغم الباحثين على مواجهة مسألة بناء الجبال وغيرها من عمليات إعادة الترتيب العنيفة لسطح الأرض. فلو أن تلك الحفريات كانت تحيا في يوم من الأيام في البحر وترسبت في قيعان البحار، لكنها الآن تعلو عن سطح البحر بمئات وربما آلاف الأقدام، «فلا بد» وأن الأرض قد ارتفعت لأعلى. غير أن آليات تكوُّن الجبال ظلت سرًّا. ويعدُّ من قبيل الإنجاز غير العادي لعلمَي الجيولوجيا والمتحجِّرات أنهما مضيا قدمًا في نمو وازدهار برغم افتقارهما لهذا التفسير، والذي لم يظهر إلا في العصور الحديثة مواكبًا لاكتشاف الآليات التي من خلالها تحركت أجزاء شاسعة من سطح الأرض عبر الدهور. لو كان هناك برهان مستقل مقبول على أن الأرض بالغة القدم وأنها تعرضت على نحو مستمر لتغيرات من النوع الذي يمكنه أن يرفع الجبال لأعلى من باطن البحار، لكان من الأسهل قبول فكرة أن الحفريات كانت بقايا عضوية حقيقية، وأن الأصداف البحرية يُمكن العثور عليها في الصخور العتيقة الواقعة على ارتفاع آلاف الأقدام أعلى منحدرات التلال. وبالمثل، لو كان هناك دليل قاطع على أن الحفريات هي بقايا لكائنات كانت حية يومًا ما، لكان من الممكن بسهولة تقبل فكرة الأرض العتيقة المتغيرة. وفي هذه الحالة، كان على الفهم أن يمضي قدمًا للأمام ببطء بصورة تكرارية؛ باكتشاف من هنا، ورؤية مستنيرة من هناك.

بحث الفلاسفة كذلك فرضية تقول إن التحجر لم يكن عملية طبيعية وأن الحفريات لم تكن «حقيقية» على الإطلاق. أولًا — وبمنتهى البساطة — قد تكون الحفريات مجرد حوادث وقعت في الطبيعة؛ أي قطع من الصخر تحاكي في صورتها كائنات حقيقية ليس إلا، والأمثلة على ذلك كثيرة؛ فعلى سبيل المثال الأحجار التي على شكل قلب أو قدم يسهل العثور عليها داخل الترسبات الطباشيرية. أو بدلًا من ذلك، ربما تكون من صنع الإله — أو الآلهة — الذي خلقها بقوته الخارقة للطبيعة؛ وفي هذه الحالة لا بد أن الإله ذاته

هو من خلق كذلك جميع الصخور التي على هيئة طبقات والتي تحتوي على الحفريات، بجانب جميع البراهين الواضحة الأخرى على القِدم والتغير. وفي الرواية التوراتية التي وردت في «سفر التكوين»، لا بد أن هذا الأمر وقع خلال الأيام الأولى للخلق عندما كانت الأرض قد تشكَّلت لكن الكائنات الحية لم تكن قد خُلقت بعد. وربما كان فيليب هنري جوس هو أول من شرح الطبعة المتطرفة من «نظرية الخلق» في مؤلفه «أومفالوس» (١٨٥٦). فقد اعتبر جوس أن الإله الذي كان قادرًا على خلق الأرض وكافة الكائنات الحية عليها، كان في مقدوره في يسر وسهولة تتبيل صخوره المنحوتة حديثًا بحفريات تبدو عتيقة في الوقت نفسه. ولما لم يكن هناك — ومن الممكن ألا يكون هناك — دليل عملي على مثل هذا التفسير الذي وضع خصيصى ليخدم غرضًا بعينه، فإن قبولها كان (ولا يزال) مسألة عقائدية أكثر منه قيامًا على العلم المادي، وهنا يظهر إلى الوجود السؤال الفلسفي المترتب على ذلك التفسير: لماذا يفعل الإله ذلك؟

ثمة احتمال مختلف تمامًا، وهو أن الحفريات ربما كانت تشكيلات من صنع إحدى الخصائص الطبيعية للصخور ذاتها؛ أي عملية ما تنتج محاكاة معدنية للكائنات الحقيقية. وكانت تلك الخاصية تسمى عادةً «القوى التشكيلية». واعتمدت الفكرة على فرضية تقول بأنه إذا كان النبات ينمو من التربة، فلماذا لا تنمو الحفرية من بين الصخور؟ وفي حين أن تلك الفكرة كانت شائعة في القرن السابع عشر وبدايات القرن الثامن عشر، فلم يكن أحد يتخيَّل كُنْهَ الطبيعة المادية — أي العنصر المسبب الفعلي — للقوى التشكيلية. إلا أنه كان هناك ربط واضح مع ظاهرة التبلور، كما أن العديد من الحفريات الزائفة توجد على هيئة تبلور للأملاح أشبه بالسرخسيات فوق مستوى سطح الانفصال الطبقي.

حول قضية الانقراض

من المؤكد أن هناك العديد من الأنواع في الطبيعة لم نرها مطلقًا، ويجوز أنه كانت هناك كذلك العديد من مثل تلك الأنواع في عصور العالم السابقة التي ليس لها وجود في الوقت الحاضر، وأشكال عديدة من تلك الأنواع الآن، التي ربما لم تكن موجودة في فترات زمنية سابقة: فنحن نشهد ما يتمخَّض عنه تباين الأنواع، وتباين أنواع التربة والمناخ، وغيرها من الأحداث الظرفية الأخرى.

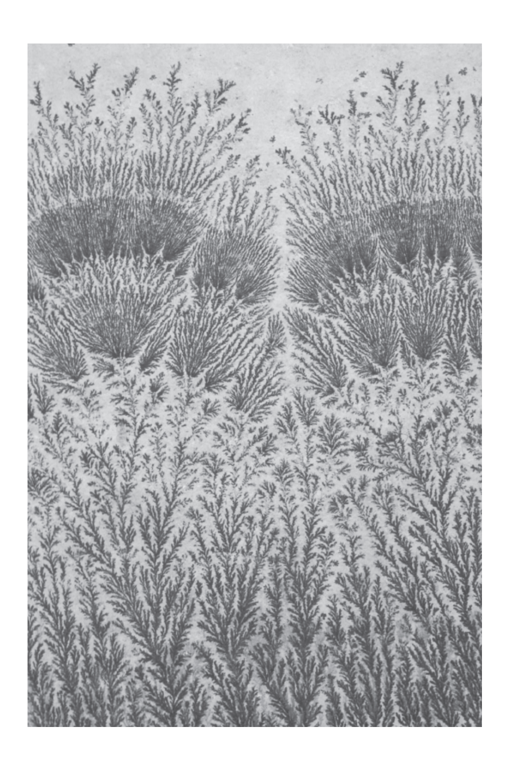
روبرت هوك، في محاضرة ألقاها بالجمعية الملكية
٢٥ يوليو ١٦٩٤

ثمة رأي وسط، وهو أن الحفريات نمت من نوع ما من البذور، ترسبت في الصخور عند الخلق، ثم نبتت بعد ذلك. وقد يفسِّر هذا الرأي حقيقة أنه كثيرًا ما كان يُعثر على الحفريات أعلى منحدرات جبلية. وكان هناك تفسير مواكب لذلك، وهو أن تلك البذور كانت في حقيقة الأمر نتاج مخلوقات البحر الحية التي انتشرت نحو اليابسة بفعل الرياح والأمطار، ثم سقطت في أخاديد داخل الصخور، ونبتت هناك بصورة عشوائية تشوبها العيوب؛ مما نتج عنه تشوه كائنات الحفريات فلم تعد نسخًا مطابقة للكائنات الحية.

أما آخر التفسيرات وأوضحها وأكثرها شعبية بين الناس لمجرد فكرة وجود الحفريات، ولجزء كبير من الحالة الجيولوجية للأرض، فهو طوفان نوح. حتى ثلاثينيات القرن التاسع عشر، كانت فكرة أن معظم أراضي أوروبا وأمريكا الشمالية مغطاة بطبقات سميكة من الرمال والحصى الذي حمله الماء، وأن وديانها منحوتة بفعل نشاط المياه، تبدو وكأنها تقدم دليلًا وافرًا على واقعة الطوفان العظيم. ولا يزال هناك من يؤمنون — على سبيل المثال — بأن طوفان نوح وليس دهورًا من التآكل بفعل نهر كولورادو، هو الذي شكل الأخدود العظيم بولاية أريزونا المعروف باسم جراند كانيون.

سار العديد من الباحثين على خطى ستينو — مثل رجل الدين توماس بيرنيت (١٦٨١)، والطبيب جون وودوارد (١٦٩٥) — في الاعتقاد بأن العبارة الواردة في الإنجيل والتي تقول: «وانفجرت كل ينابيع الغمر العظيم» أثناء الطوفان كانت تصف قشرة الأرض وكأنها تنشق مثل البيضة، منتجة الجبال، وكل الدلائل التي نراها من حولنا «لأرض محطمة وممزَّقة». وتوسع وودوارد في الفكرة إلى حد أنه اعتبر أن الطوفان عندئذ أذاب أو علَّق كل المادة التي بداخل قشرة الأرض ورسبها في طبقات منفصلة، كلٌّ حسب الكثافة النوعية. في كل تلك النظريات، تمثِّل الحفريات بقايا لكائنات أهلكها الطوفان. وعند محاولة تكوين تفسير مادي وجيولوجي للحفريات، كان على أولئك الكتاب أن يتجاهلوا أمورًا مثل الوجود المسبق لجبال في نفس الرواية التي يحاولون إثباتها، لكنه لا يوجد أي مغزى الآن من وراء دحض تلك النظريات. غير أنه مع ذلك تتبقى صعوبة واحدة واجهت الباحثين المعاصرين تجدر الإشارة إليها: فلو أنه — طبقًا لحساباتهم — كان تعداد سكان العالم قبل الطوفان ٨ ملايين نسمة، وأنهم هلكوا جميعًا باستثناء أسرة واحدة، لكان من الواجب أن تصير الحفريات البشرية أمرًا شائع الوجود لا أن تكون غائبة (حتى اكتُشف إنسان نياندرتال عام ١٨٥٦).

في حقيقة الأمر، يكشف لنا سجل الصخور — طبقة تلو الأخرى، وعصرًا تلو الآخر — عن عوالم منقرضة متعددة ومتداخلة، كلٌّ منها له كائناته التي تميزه. ومن



شكل ٢-١: ليست حفرية: هذه الترسبات المعدنية (اسمها العلمي بيرولوزيت، وتتكون من أكسيد المنجنيز) من حجر سولنهوفن الجيري الذي يستخدم في الطباعة الحجرية، نبتت على شكل يشبه السرخسيات لكنها بالتأكيد مادة غير عضوية.

ثم، فإن أي تفسير قائم على فكرة الطوفان يجب أن يشتمل على الكثير والكثير من الفيضانات. وفي الأساس، السبب الرئيسي لإخفاق فرضية الطوفان أن قشرة الأرض لم تتشكل بواسطة حادثة واحدة، وإنما بواسطة ما لا يعد ولا يحصى من الأحداث. ولقد تغيَّر وجه الحياة على الأرض عبر مليارات السنين، مدفوعًا بعدد لا يحصى من «الصدمات الطبيعية المتوالية». وفي النظرية الحديثة، أن الأرض تشكَّلت عن طريق التآكل والترسيب، والزلازل والبراكين، وحركة مساحات هائلة من قشرة الأرض نتيجة لعمليات جرت في أعماق طبقة الدثار شبه الصلبة (تكتونيات الصفائح). أما المسمار الأخير الذي دُق في

نعش نظرية الطوفان فقد قدمه لويس أجاسي، الذي أوضح عام ١٨٣٧ أن العديد من جلاميد الصخور عجيبة المنظر، والرمال والحصى الذي حمله الماء، والتي بدت دليلًا على أنه كان هناك طوفان كانت في الواقع نتاج نشاط جليدي وقع في العصر البليستوسيني. وترجع التغيرات التي طرأت على الحياة النباتية والحيوانية قبل وبعد وأثناء فترات النشاط الجليدي على مدار الـ ١٫٨ مليون عام الماضية إلى تحولات مناخية هائلة بين الحقب الجليدية والحقب بين الجليدية التي تكون أكثر دفئًا. وقد تبيَّن في نهاية المطاف أنه حتى البشر كان لديهم أسلاف قديمة من الحفريات. لقد صارت الحفريات الدليل الرئيسي على نظريات التطور.

الحفريات والفلسفة

يمكننا القول بصورة عامة: إن الحفريات تمنحنا نظرة شاملة عن الحياة نفسها، تعرض الحياة داخل بعد زمني تصبح فيه وجهة النظر التي تقوم على أن الإنسان هو محور الكون لا معنى لها. وسواء كان رأي المرء أن الحفريات تمثل عمليات طبيعية أشبه بالقانون، أو أن العالم بأسره — بما فيه الحفريات — جاء بسبب (ولا يزال هكذا) ظواهر خارقة للطبيعة، فستظل الحفريات دومًا جزءًا محوريًّا من النقاش.

وفي حين أن بعض القضايا الفلسفية وجدت حلًّا لها منذ عهد بعيد، إلا أن المشكلة الأساسية (أو الجوهرية، إن جاز التعبير) بالنسبة لمعظم وجهات النظر الدينية لم تذهب أدراج الرياح. ببساطة، إن شهادة الصخور (لو جاز أن نستعير ونحرِّف عنوان كتاب ألفه هيو ميللر الذي يخاف الإله في عام ١٨٥٧) تتناقض مع فكرة عملية الخلق الواحدة الواردة في الفصل الأول من سفر التكوين. ومفهوم الانقراض بأكمله يسير في اتجاه مناقض تمامًا لعقيدة أن الإله — بعد أن خلق العالم كله في حدث واحد — خلقه على أكمل وجه. إلا أنه، في حين تقدم الحفريات صعوبات جمة للقراءة المتحفظة الحرفية للإنجيل، فإن جناحًا أكثر ليبرالية من المسيحية سعى منذ ذلك الحين نحو التوافق مع الأدلة العلمية للعلوم الجيولوجية.

كانت أنماط التشابه والاختلاف بين الكائنات الحية محور الاهتمام الرئيسي للبحث الفلسفي منذ العصور الكلاسيكية. إن «سلسلة الوجود الكبرى» مفهوم يعود تاريخه إلى عصر أفلاطون وأرسطو، ثم طوره ديكارت، وسبينوزا، ولايبنتس. وهنا، كل شيء في الخلق يمكن تخصيص موضع له بالنسبة للتسلسل الهرمي المثالي الممتد من العدم عند

قاعدته وحتى الإله على قمته. فالإنسان هو التالي للإله والملائكة، والقردة تجيء بعد الإنسان وهلم جرًّا. وتأتي البكتيريا البدائية (لو كانوا يعرفون البكتيريا) عند القاعدة، فوق المعادن مباشرةً. وفي هذا التسلسل الهرمي، كل «نوع» أكثر تعقيدًا وإتقانًا من — وبصورة ما يعتمد على — النوع الأدنى منه. وهذه السلسلة ثابتة، فالكل من خلق الإله، وهي تمثل لنا التناسق المثالي لخلقه. وأي كائن حي يمكن تحديد مكانه داخل السلسلة؛ ومن الممكن أن نضع كذلك أي اكتشاف جديد بسهولة في مكانه الصحيح بين الآخرين.

جاء إدراك وجود عالم هائل من الحفريات في البداية ليدعم هذه الرؤية ثم ليتحداها بعد ذلك، مثلما فعلت الدراسة التي أخذت في الازدهار والمعرفة العملية بعالم الأحياء التي تمخضت عنها عمليات استكشاف العالم بدءًا من القرن السادس عشر فما يليه. وسرعان ما ظهرت أنواع عديدة وكثيرة من الكائنات؛ وظهر أنه على أقل تقدير يجب أن يكون هناك العديد من السلاسل وليس سلسلة واحدة. وحلت فكرة التنوع محل فكرة العلاقة الخطية في تاريخ الحياة؛ فصارت سلسلة الوجود الكبرى أقرب إلى شجرة الحياة. وبمجرد أن صار من الواضح أنه كان لا بد من وجود عدة سلاسل منفصلة، كان من الضروري أن نفترض وجود كائنات تربط بينها. وعندما كان تشارلز داروين يدرس الطب بأدنبرة (١٨٢٦–١٨٢٨)، قام بأولى مغامراته في الأبحاث المعملية مع أستاذه روبرت جرانت. كان جرانت من الأتباع المخلصين لأفكار عالِم الحيوان الفرنسي جان باتيست لامارك الثورية. فدرس جرانت وداروين معًا «الحيوانات نباتية الشكل» — شقائق النعمان البحرية — وهي مجموعة من الكائنات مفترض أنها تتشارك الخصائص مع الحيوانات والنباتات.

إن سلسلة الوجود الكاملة يجب ألا تكون بها ثغرات؛ ولكن مع أن سجل الحفريات المتنامي سد كثيرًا من الثغرات بين المجموعات، إلا أنه في الوقت نفسه فتح ثغرات جديدة وكشف عن وجود مجموعات جديدة تمامًا (منقرضة). وأصبحت قضية الانقراض قضية محورية؛ لأنها أوضحت أن السلسلة — أو السلاسل — يمكن أن تُقطَع. لم يكن هناك ذرية للأنواع المكتشفة حديثًا من الحفريات ذات الأسماء المثيرة؛ الزواحف العملاقة مثل الموزاصور والإكتيوصور والتيراصور، واللافقاريات من أمثال ثلاثيات الفصوص والجرابتوليت. لقد انقرضت تلك السلالات وانقطع نسلها من الأرض؛ وربما هذا ما حدث مع معظم السلالات. كما أن العديد من المجموعات الموجودة من الكائنات الحية لديها أعضاء انقرضت، ولعل من أبرزها الماموث والماستودون، التي لا شك أنها من أنواع الفيلة، غير أنها انقرضت ولم يعد لها وجود بين الأحياء.

من الصعب علينا أن نعي مدى الذعر الذي شعرت به تلك الأجيال من الدارسين وحتى عموم الناس عندما اضطروا لمواجهة فكرة الانقراض؛ فكرة أن عالم الأحياء لا يمثِّل مجموع «الخلق» (أيًّا كان المعنى الذي تحمله تلك الكلمة)، والنتيجة الطبيعية لها أنه لا توجد حياة، سواء كانت في القدم أو في عصرنا الحديث، يمكن اعتبارها كاملة أو تامَّة الإتقان؛ وإنما الحياة في تغير مستمر وإنها ليست جامدة. وبُذِلت العديد من المساعي لاستبعاد حدوث الانقراض. كان أبسطها أننا لم نبحث بعد في كل مكان في العالم: فقد يكون هناك في مكان ما من العالم لا تزال إكتيوصورات وثلاثيات الفصوص حية. وفي محاولة لتبرير ذلك الرأي، كتب جون راي يقول في عام ١٦٩٣: «الذئاب والقنادس … كان موطنها الأصلي في بعض الأوقات إنجلترا (ولا تزال كذلك) لكن كثيرًا منها يوجد في بلدان أخرى.» وكتب توماس جيفرسون — وهو نموذج لرجل عصر التنوير بحق — أوصافًا لحفريات الماستودون المجلوبة من بيج بون ليك بولاية كنتاكي. وكان يعتقد أن الماستودون ربما لا يزال حيًّا في أقصى الغرب، وكان يأمل أن تعثر عليه حملة لويس وكلارك الغربية التي أُرسِلت بين عامي ١٨٠٤–١٨٠٦.

يعتمد مفهوم سلسلة الوجود على ثلاث فرضيات أساسية: الوفرة (وجود جميع الصور الممكنة «للوجود») والاستمرارية، والتدرج. في النهاية، جاء الاتساع الهائل لتنوع الكائنات، في كلٍّ من المكان والزمان، ليتغلب ببساطة على نظريات سلسلة الوجود الجامدة، مهما أضفيت عليها العقلانية حتى تمتد لتستوعب أحداث الخلق المتعددة في المكان والزمان. وقد جعل مفهوما الاستمرارية والتدرج من المنطقي للفلاسفة أن يسألوا عما إذا كانت الكائنات ليس لها أيضًا صلة قرابة من زاوية الوراثة والجينات، وذلك من خلال عملية التطافر؛ أي التطور. في عام ١٦٩٣، كتب لايبنتس (في إعادة صياغة مباشرة لعبارات كتبها روبرت هوك في «ميكروجرافيا» عام ١٦٦٥) أنه لو كان الانقراض حقيقة واقعة، لكان «حريًّا بنا أن نؤمن … أنه حتى أنواع الحيوانات طرأ عليها التحول عدة مرات.» وتساءل الفيلسوف الاسكتلندي ديفيد هيوم، في كتابه «محاورات في الدين الطبيعي» (١٧٧٩)، عما إذا كان من الأقرب للمنطق أن نفترض أن المخلوقات الحية المعقدة كانت لها أصول من كائنات أبسط منها من أن تكون قد وجدت من خلال نوع من الخلق الإعجازي من قبل ذكاء مبدع ذي قدرة غير محدودة لكننا لا نعلمه. وخلال عصر التنوير، تحولت سلسلة الوجود إلى سلسلة الصيرورة؛ أي منظومة ديناميكية زمنية تشتمل على نوع ما من عملية عَرَضية تاريخيًّا.

في محاولتين مبكرتين لاستيعاب الإحساس بالعملية دونما إقصاء تام لصحة العناصر الثابتة من السلسلة، غيَّر الفيلسوفان والعالمان الفرنسيان شارل بونيه (١٧٢٠–١٧٩٣) وجان باتيست روبينيه (١٧٣٥–١٨٢٠) العبارة المجازية إلى عبارة أخرى وهي سلم الطبيعة. وفي هذا السلم، تنتقل الكائنات بمرور الزمن لأعلى على درجات السلم من خلال عملية التحول. ومن ثم، فإن ثدييات اليوم ارتقت السلم من مرتبة أدنى وسط الزواحف، وقبل ذلك كانت أسماكًا وديدانًا. وديدان اليوم لم ترتقِ بعدُ لتصبح أسماكًا أو ثدييات. وفي منظومة بونيه، عملت ظروف بيئية متنوعة على إثارة عملية «فقس» تسلسل هرمي من البذور الجنينية التي استقرت في مكانها لحظة الخلق والكامنة داخل «الأرواح» الأصلية للكائنات، جاعلة إياها — خطوة بخطوة — ترتقي نحو الكمال. وفي تلك الحالات، يتضمَّن ارتقاء السلم نوعًا ما من الكشف الحرفي أو الرمزي أو التنفيذ الفعلي لخطة إلهية موضوعة سلفًا. وظلت تلك الأفكار وفية للمفهوم الغائي (الموجه نحو الغاية) الأصلي للسلسلة.

نظر إرازموس داروين (١٧٣١–١٨٠٢، جد تشارلز داروين) وغيره من مفكري أواخر القرن الثامن عشر إلى العملية نظرةً أكثر جسارة، طارحين فكرة أن المسألة سارت مدفوعة بتطافر مستمر للأنواع موجه بتغيرات في «الأنظمة التوليدية» (أي علم الجينات الإنمائي) للكائنات وأيضًا بفعل البيئة. وطرح لامارك (١٨٠٢) مخططًا مختلفًا، وفقًا له كانت هناك سلالات عديدة ومختلفة دائمًا منفصلة بعضها عن بعض (وبالتالي ليست شجرة، وإنما هي مرج من النجيل). كلٌّ منها نشأ من خلق تلقائي لشكل شديد البساطة من أشكال الحياة، وكان نسل تلك السلالات قد تسلَّق بعد ذلك سلم بونيه وفقًا لنمط معد سلفًا من التطافر. وفي مخطط لامارك، ينتمي البشر — وهم أقرب الكائنات إلى الكمال — لأولى تلك السلاسل التي خلقها المسبب الأول؛ ومن ثم فإنها السلسلة الأقدم والتي قطعت الشوط الأكبر تجاه الهدف الأسمى؛ ألا وهو الوصول للشكل الأقرب إلى الإله. والأنواع شديدة البساطة من الكائنات الحية الموجودة اليوم كان تاريخ خلقها أحدث، ولقد بدأت لتوها الرحلة. أما النمط الشامل للازدياد في التعقيد الذي نراه في سجل الحفريات، فيُفسر باعتباره مجرد مسألة وقت. وفي هذا المخطط، لم يندثر في الحقيقة أي نوع من الكائنات، كل ما هنالك أنه ربما لا يكون ممثلًا حاليًّا في أيٍّ من تلك السلاسل؛ فسلالة أو أخرى من الزواحف الحية سوف تنتج من جديد إكتيوصورات

— على سبيل المثال — أو الطيور ذات الأسنان. تخيل تشارلز لايل، في كتابه «مبادئ الجيولوجيا» (١٨٣١–١٨٣٣)، وقبل تحوله لاعتناق الداروينية، نوعًا من الدورات، وفيها سوف تنتج التغيرات البيئية الملائمة في المستقبل الأنواع التي سبق أن انقرضت، من جديد.

وهكذا دبت الحياة من جديد في جدل فلسفي قديم. فقد كان موقع البشر في سلسلة ثابتة، خلقت في مكانة تالية للإله والملائكة، شيئًا، والبشر بصفتهم نتيجة لحالة من تدفق المادة (وهو ما يرجع في نهاية المطاف إلى الحركة العشوائية للذرات) شيئًا آخر تمامًا. إن التطور لم يكتفِ بأن رفع يد الإله عن التسبب في وجودنا وخفض مرتبة البشر إلى مكانة القردة المتطورة، وإنما فتح المجال واسعًا أمام قضية الهدف من الحياة ومعناها. وقد يكون اكتشاف سلسلة متدرجة من الأنواع الحفرية التي تربط بين البشر وبين القردة العليا سخرية الأقدار الأخيرة لسلسلة الوجود. أما ربط البشر بالاتجاه الآخر — أي الإله — فقد ظل منطقة خاصة بالدين.

للحفريات ومسألة التغير جانب سياسي أيضًا. في أواخر القرن الثامن عشر، كانت مفاهيم الحرية والمساواة والأخوة — وفوق كل هذا التقدم — هي المفاهيم التي تطلبت ليس فحسب إصلاح النظم الاجتماعية المعاصرة لذلك الزمان من جذورها، وإنما اعتمدت كذلك على امتلاك المادة الخام (وهي في حالتنا هذه الإنسانية ذاتها) للمرونة والقدرة على تحقيق أهداف جديدة، وبلوغ محطات جديدة. أما حكومات القلة الأوروبية القديمة من ناحية أخرى، فاعتمدت على السلطة الإنجيلية من أجل الحفاظ على استقرار الأوضاع وثباتها كما هي، وبالتحديد الفصل بين الحطابين وجالبي المياه، وبين أواني الذهب والفضة، وبين السادة والخدم.

وكنموذج للنظم الاجتماعية، كان من الطبيعي أن تهدد نظريات التغيير التي ضمت العالم العضوي بأسره تلك المؤسسة الراسخة. وكان من سوء حظ إرازموس داروين أنه وضع أفكاره عن التغيير أثناء الثورة الفرنسية، عندما لم تكن تلك الأفكار مرحَّبًا بها على الأراضي الإنجليزية. غير أنه بحلول ثلاثينيات القرن التاسع عشر، صارت تلك الأفكار كالجَوَاد الجامح لا يستطيع أحد إيقافها. بل وقد اكتسبت فكرة التطافر زخمًا شعبيًّا أكبر في عام ١٨٤٤ نتيجة لنشر — تم على يد مجهول — كتاب يحمل أفكارًا شبه لاماركية بعنوان «آثار الخلق» وكان مؤلفه «روبرت تشامبرز»، لإشاراته الواضحة



شكل ٢-٢: «تغيرات مروعة. اندثر الإنسان فلم يعد يوجد إلا في صورة حفرية؛ وعودة ظهور الإكتيوصورات.» دفعت فكرة لايل — التي تقول بأن الحياة تسير في دورات — هنري دي لا بيش لإبداع هذا الرسم الكرتوني الهزلي، وفيه نجد إكتيوصورًا محترفًا يحاضر معاصريه حول التاريخ القديم للإنسان.

لجيولوجيا جيمس هاتون. ثم جاء تشارلز داروين، الذي تفسر نظريته حول التطور ظهور «التقدم» من منظور أنه عملية. أثناء رحلة داروين على متن السفينة «بيجل» (١٨٣١–١٨٣٦)، وبعد أن تأثَّر بقراءته لمؤلفات تشارلز لايل، قرر داروين وضع بصمته الخاصة كجيولوجي. فجمع حفريات تنتمي للعصر البليستوسيني من حيوان المدرع وحيوان الكسلان الذي يعيش على الأشجار من بونتا ألتا بالأرجنتين في عام ١٩٣٢، وأدرك أن الأنواع الحية حلَّت محل أنواع أخرى أقدم اندثرت بمرور الزمن. وخلال رحلاته الاستكشافية في أمريكا الجنوبية، رأى كذلك أن بعض الأنواع الحية تحلُّ محل بعضها في المكان؛ ومثال ذلك الأزواج الشمالية والجنوبية لأنواع طائر الرية أو الروحاء.

الزمان

من بين الدروس الرئيسية المستفادة من علم الجيولوجيا ومن الحفريات؛ أن الأرض نفسها قديمة العهد جدًّا؛ فهي تبلغ من العمر حوالي ٤٫٥ مليارات عام (على الأساس التقليدي أن المليار يعني ألف مليون)، وأنها في حالة تغير دائم. فما كان يومًا قاع البحر صار الآن جبالًا مثل جبال الألب أو الأجراف الطباشيرية الهائلة في دوفر، وهناك جبال أخرى عتيقة سوِّيَتْ بالأرض لتتحول إلى رسوبيات وأعيد ترسيبها في قاع البحر، وهكذا في دورة لا تنتهي؛ كما تحرَّكت القارات، فأوروبا وأفريقيا كانتا ذات يوم ملتصقتين بالأمريكتين. وجاء مع كل هذا تغيرات بيئية تسببت — على سبيل المثال — في زيادة مستنقعات الفحم الاستوائية التي تعود للعصر الكربوني (وهي المنتجات التي نستخرجها من المناجم في أماكن أبعد ما تكون عن خط الاستواء مثل اسكتلندا وبنسلفانيا) ثم انحسارها. إن الحياة على الأرض في تطور مستمر؛ فتظهر في سجل الحفريات باستمرار أنواع جديدة من الكائنات، لتحل محل سابقتها، وفي بعض الأحيان تفتتح بيئات جديدة تمامًا لاستعمارها. ففي حقبة الحياة القديمة (حقبة الباليوزي)، غزت النباتات واللافقاريات والفقاريات اليابسة لأول مرة؛ وانطلقت الحشرات نحو الجو، وتبعتها الزواحف الطائرة، والطيور، وأخيرًا الثدييات الطائرة؛ وغزت مجموعات مختلفة من الكائنات أعماق البحار، في حين وجدت مجموعات أخرى طريقها نحو قمم الجبال.

يكشف سجل الصخور طبقة وراء الأخرى — برغم عدم دقة ما يكشفه — عن تاريخ الأرض والحياة عليها. وقد دُفنت الكائنات التي عاشت في أزمنة قديمة، وحُفظت في الرسوبيات. وتستغرق الصخور وقتًا طويلًا حتى تتكون وتتراكم طبقة تلو طبقة، فوق قشرة الأرض. فبعض الصخور والحفريات المغلفة بداخلها عمرها أكثر من مليار عام، بينما توجد صخور أخرى حديثة عمرها قريب من عمر الوحل الذي طمرها.

إن مفهوم الزمن الجيولوجي — سواء من زاوية العمر الأزلي للأرض، أو مفهوم العمليات التي تعمل على نطاق زمني لا يمكن اكتشافه خلال فترة حياة الإنسان ولا حتى سجل التاريخ الإنساني (الزمن البيئي) — له تاريخ طويل. لقد اعتقد أرسطو أن الأرض أزلية في امتدادها إلى الماضي وأبدية في استمرارها في المستقبل. غير أن الموروثات الدينية اليهودية والمسيحية تمنح الزمن شكلًا قصصيًّا له بداية (الخلق) ونهاية (يوم الدينونة). ويسجل سفر التكوين خلق العالم بأسره في لحظة من الزمان. من ناحية أخرى، افترض فلاسفة مثل ديكارت (١٥٩٦–١٦٥٠) — وهم يتفكرون في الأصول المحتملة للأرض

والمجموعة الشمسية — وجود بداية تدريجية ونارية، ومن ثم جعلوا أصولنا — من حيث المبدأ — قابلة للدراسة من حيث المفاهيم المعاصرة مثل الذرات والفضاء والحركة.

كانت هناك أمور كثيرة على المحك سياسيًّا وكذا فلسفيًّا في تلك الأفكار. ففلسفة ترتكز بقوة على العلم لا بد وأن تهدِّد سلطة الدين القائمة على سلطة الإنجيل. فليس من قبيل المصادفة إذن أنه عندما وافت المنية ديكارت، وفي الوقت الذي بدأ فيه القلق يساور الباحثين بشأن الانقراض ويتناولون بجدية افتراض تاريخ قديم ومطَّرد للأرض والكون، قدم جيمس أشر — أسقف أرماغ ورئيس أساقفة أيرلندا — دعمًا لا يقدر بثمن لسلطة الكنيسة ضد تلك الهرطقة؛ فقد قدم «دليلًا قاطعًا» على الحقيقة الحرفية لقصة الخلق التي يسردها الإنجيل. واعتمدت حساباته على كلٍّ من علوم الأنساب المسجلة في الفصول الخمسة الأولى من الإنجيل واعتبارات التقويمين اليولياني والعبري، وجاءت النتيجة تاريخًا محددًا للخلق هو ٢٣ أكتوبر ٤٠٠٤ قبل الميلاد. والحقيقة أنه كانت هناك مساعٍ لإجراء حسابات مماثلة منذ القرن الأول الميلادي، وتوصَّل معظم المؤلفين إلى تاريخ يقع بين عامي ٢٠٠٠ و٤٠٠٠ قبل الميلاد. ومن الواضح أن ٦٠٠٠ عام لم تكن كافية لوقوع الأحداث والعمليات التي كان العلماء يتحدَّثون عنها؛ ومن ثم فإن فكرة أرض عتيقة متغيرة لا بد وأن تكون خاطئة. لم يأتِ إعلان أشر عن تاريخ محدد للخلق فقط في وقت مناسب، وإنما روَّج له أيضًا ترويجًا جيدًا: فقد نجح في إدخاله في كل طبعات إنجيل الملك جيمس حتى يراه الجميع.

برغم ما فعله أشر، استمرَّ الفلاسفة الطبيعيون (حسبما كان يُطلق على العلماء وقتئذ) في البحث عن ضروب جديدة من الحقيقة. ومن الدلائل المتوفِّرة من الصخور نفسها، وضع الكونت دي بوفون (١٧٠٧–١٧٨٨) — وآخرون غيره — مفهوم الوتيرة الواحدة، ووفق هذا المفهوم كانت العمليات التي تشكَّلت وتغيَّرت الصخور بواسطتها، وتآكلت بها الجبال ثم بنيت من جديد، هي نفسها تلك العمليات التي نشاهدها (والتي تكون خاضعة بصورة كبيرة للدراسة العقلانية) اليوم، وكان الفارق الوحيد بينها في الزمن الذي استغرقته للعمل. لم تكن هناك نوبات من التدخل الكارثي، سواء في صورة معجزات أو من نتاج الطبيعة. لقد نشأت الأرض من كرة نارية من المادة مثل الشمس، ثم تغيَّرت باطِّراد أثناء تحولها للبرودة.

الدهر	الحقبة	العصر	العصر	الزمن	الأصول
الفانروزي	السينوزوي العصر الثلاثي	الرباعي	الهولوسيني	٠,٠١	الإنسان
			البليستوسيني	١,٨	
		النيوجين	بليوسيني	٥,٣	القردة والبشر
			ميوسيني	٢٣,٨	
		الباليوجين	الأوليجوسيني	٣٣,٧	الرتب الحديثة من الحيوانات والنباتات
			الإيوسيني	٥٤,٨	
			الباليوسيني	٦٥,٠	
	الميسوزوي	الطباشيري	علوي	١٤٢	النباتات المزهرة
			سفلي		
		الجوراسي	علوي	٢٠٥,٧	ازدهار الزواحف الطيور
			أوسط		
			سفلي		
		الترياسي	علوي	٢٤٨,٢	النباتات الحاملة للمخروط الثدييات والديناصورات
			أوسط		
			سفلي		
		البرمي	علوي	٢٩٠	الزواحف الشبيهة بالثدييات
			سفلي		

الدهر	الحقبة	العصر	العصر	الزمن	الأصول
		كربوني	البنسلفاني	علوي	٣٢٣	غابات النباتات
			المسيسيبي	سفلي	٣٥٤	البذرية، الزواحف
			الديفوني	علوي أوسط سفلي	٤١٧	البرمائيات، الحشرات، النباتات
			السيلوري	علوي سفلي	٤٤٣	الأسماك
			الأوردوفيشي	علوي أوسط سفلي	٤٩٥	استعمار اليابسة، الشُّعب الأحدث
			الكمبري	علوي أوسط سفلي	٥٤٥	الحيوانات رخوة البدن، الطحالب
	البروتيروزوي				٢٥٠٠	
ما قبل الكمبري	الأركي				٤٠٠٠	البكتيريا
	الهاديان				٤٥٦٠	

وتوسع الفيلسوف والجيولوجي الاسكتلندي جيمس هوتون (١٧٢٦–١٧٩٧) في مبدأ الوتيرة الواحدة، وحاول أن يحسب عمر الأرض بقياس عمليات التآكل ومن السجل الرسوبي. وكانت النتيجة ظهور عمله الكلاسيكي «نظرية الأرض» (الذي حدد خطوطه العريضة لأول مرة في كتاب «المقال» عام ١٧٨٥)، والذي سار فيه على خطى روبرت هوك قبل قرن مضى في اعتبار أن أصل الصخور الحديثة من الترسيب والنشاط الزلزالي كان متفقًا مع عمليات التفتُّت بفعل العوامل الجوية (التجوية) والتآكل. أدرك هوتون وجود عملية ديناميكية لإعادة تدوير مواد الأرض؛ مما ينتج عنه نوع من الخلود للكوكب. غير أنه لم يتمكن من اكتشاف عمر محدد للأرض. واستنتج في عبارته الأشهر أن علم الجيولوجيا يكشف عن «عدم وجود أثر لبداية، ولا احتمال لنهاية»، لكنه لم يكن يقصد أنه «لم توجد» بداية أو أنه «لن تكون» هناك نهاية، وإنما كان يعني أن الحركة المستمرة لقشرة الأرض قد طمست الأدلة.

تتفق رؤية هوتون تمامًا مع الأفكار المعاصرة عن العمليات التي تدخلت في «تكتونيات الصفائح»، والتي بموجبها أرغمت مادة جديدة على الخروج من طبقة الدثار في أماكن مثل أعراف منتصف الأطلنطي الواقعة تحت البحر حيث تتباعد الصفائح عن بعضها، وتنزلق الصفائح القارية القديمة عند حوافها، ويتشوه شكل قارات بأكملها حيث تصطدم الصفائح بعضها ببعض. في تلك الأثناء، كان التآكل يلتهم أجزاء من القارات بلا هوادة، مقلصًا إياها جميعًا مرة أخرى. يحدث كل ذلك في بطء شديد؛ وتتحرك قارتا أمريكا الشمالية وأوروبا حاليًّا مبتعدتين بعضهما عن بعض بمعدل ٣ إلى ٥ سنتيمترات كل عام (وهو معدل سريع حقًّا إذا تأملناه). وتُرغم جبال الهيمالايا على التحرك لأعلى بسبب الحركة التصادمية في اتجاه الشمال للصفائح الهندية بأكملها بنفس المعدل تقريبًا.

حاول باحثون آخرون تقدير عمر الأرض من معدل التبريد الخاص بها. وأظهر النزول إلى المناجم أن لب الأرض أكثر سخونة من سطحها. وفي عام ١٨٦٣، أجرى الفيزيائي ويليام طومسون (لورد كيلفن) حساباته لعمر الأرض — بناءً على حجم الأرض ومعدل تبريدها — وقال بأن عمر الأرض ١٠٠ مليون عام أو أقل. والآن تغير نطاق المناقشة؛ فحتى عمر مائة مليون عام كان ملائمًا لمزاعم مناهضي نظرية النشوء والتطور في القرن التاسع عشر مثل كيلفن؛ لأنه لم يكن بالعمر الطويل بما يكفي ليسمح بالعمليات التطورية البطيئة التي تصورها داروين. بعدها راجع كيلفن حساباته، فوصل

إلى رقم أكثر عدائية وهو ٤٠ مليون عام. غير أنه لم يكن يعلم على أية حال، أن باطن الأرض كان يطلق حرارة جديدة على الدوام بفعل العمليات النووية التي تتم بداخله، ومن ثم فإن تقديراته جاءت متدنية للغاية. والتقدير الحالي لعمر الأرض والبالغ ٤٫٥ مليارات عام محسوب على أساس قياسات لمعدل تحلل ونسب النظائر المشعة في الصخور.

الفصل الثالث

الحفريات في الخيال الشعبي

على مدار سنوات القرن الثامن عشر، كان جميع المثقفين في أوروبا والأمريكتين معتادين على نطاق عريض من الحفريات، وكان العديد من هؤلاء يمتلكون صوانًا زاخرًا بعينات الحفريات في منازلهم. غير أنه كان من المرجح أن حفرياتهم يتمُّ تصنيفها ضمن فئة «أحجار متشكلة»، وهي فئة كانت حيادية فيما يتعلق بأصولها. على أنه بمجرد أن صار من المقبول لعموم الناس أن الحفريات عبارة عن بقايا عضوية، اكتسبت تلك الحفريات دورًا مهمًّا في الثقافة الشعبية علاوة على دورها في الدراسة الفلسفية الجادة.

في منتصف القرن التاسع عشر وحتى أواخره، أصبح الافتتان العام بالحياة القديمة واقعًا بفضل — بل وربما هو ما ساعد على تحقيق — الشعبية التي حظيت بها المطبوعات زهيدة التكلفة التي كانت تحتوي على صور توضيحية جيدة، والتي كانت تطرح في الأسواق للجماهير، مثل كتاب كاميل فلاماريون بعنوان «العالم قبل الطوفان»، الذي نشر بباريس عام ١٨٨٦، وتطوير المتحف الشعبي. وعلى مدى مائتي عام، قدَّمت الحفريات الأساس لنوع من العلوم يسهل الحصول عليه. وازدهرت الظاهرة بحق مع اكتشاف الديناصورات ومجموعة واسعة التنوع من الزواحف الأخرى — التي كانت ضحمة في معظم الأحيان — التي تنتمي لحقبة الميسوزوي. وكانت المرة الأولى التي تعرفت فيها على هذه الأدبيات الشعبية من خلال رواية لآرثر كونان دويل من أعمال الخيال العلمي ألفها عام ١٩١٠، وهي رواية «العالم المفقود»، برغم أني لا أستطيع أن أتذكر أنني قد دار بخَلَدي أي طموح لأن ألعبَ دور بطل الرواية البروفيسور تشالنجر.

كان للحفريات دومًا جاذبية للأشخاص غير العاديين والمثيرين للاهتمام، لا سيما البروفيسور ويليام باكلاند بجامعة أكسفورد، وهو الرجل الذي كانت أسرته في عشرينيات القرن التاسع عشر تحتفظ بدبٍّ في مقر عمدة كرايست تشيرش، والذي كان طموحه

طيلة حياته أن يسلك طريقه عبر أمثلة من المملكة الحيوانية بأسرها (غير أنه لم يعثر قط على طريقة للاستفادة من حيوان الخلد أو الذبابة المنزلية). كان ولع باكلاند بالحيوانات الأليفة غير المألوفة عاملًا مساعدًا في حل لغز الترسبات الحفرية التي عُثر عليها في كهف كركديل في يوركشير. أدرك باكلاند أن الكهف كان عرينًا للضباع، وكان باحثون قلائل آخرون ينتمون لذلك العهد سيفترضون في بادئ الأمر أن الحفريات في تلك الترسبات لم تنجرف إلى داخل الكهف بواسطة الطوفان الذي ورد في الإنجيل، وإنما كان يمثل تجمعًا لحياة كائنات ما. ولم يكتفِ باكلاند باستنتاج أن الكثير من العظام المهشمة التي وجدت في الترسبات في الكهف كانت الضباع هي التي كشفت وجودها، وإنما تصادف أن كان تحت يده حيوان ضبع مستأنس (إلى حد ما) كي يختبر عليه تلك النظرية؛ ومن ثم صار أول عالم متحجرات تجريبي في العالم.

كان باكلاند محاضرًا مشهورًا غيَّر كثيرًا من المفاهيم السائدة في موضوع الحفريات ثم رُقِّي لاحقًا خلال حياته المهنية ليشغل منصب عميد دير ويستمنستر. في الوقت نفسه، وفي مكان لا يبعد سوى مائة ميل عن هذا المكان، ولكنه ينتمي إلى عالم مختلف تمامًا، عاش شخص آخر فعل أكثر من هذا كي يدشن عصر شعبية الحفريات. كانت ماري آننج (١٧٩٩–١٨٤٧) — بدافع الحاجة الاقتصادية — واحدةً من أوائل جامعي الحفريات المهنيين المتفرِّغين لتلك المهنة على مستوى العالم. لقد كانت هي — على ما يبدو — من باعت أصدافًا بحرية على شاطئ البحر. في صغرها، كانت تجمع الحفريات على الشاطئ كي تبيعها للزائرين من الطبقة الأرستقراطية، مثلما فعل غيرها من سكان لايم ريجيس. بعد وفاة والدها ريتشارد — وكان نجارًا عاطلًا عن العمل — صارت الفتاة، ابنة الثانية عشرة من العمر، تقضي معظم أوقاتها على الشاطئ وفي الجروف الواطئة، باحثة عن حفريات.

تقدِّم لنا ماري آننج نموذجًا جيدًا للتقارب الذي يتم في الوقت المناسب بين الناس والأماكن. كانت منطقة لايم ريجيس قد تحوَّلت إلى منتجع ساحلي شهير مع مطلع القرن، وكان من بين عوامل الجذب التي تتمتع بها الجروف الصخرية، والتي كانت الأمواج والطقس السائد بها ينتجان مجموعة متنوعة من الحفريات المشوقة. كانت الأمونيتات (أو «أحجار الأفعى»؛ وهي كائنات تمتُّ بصلة قرابة لحيوان النوتيلوس الذي ينتج اللؤلؤ) شائعة، بالإضافة إلى الفقرات المنفصلة وما كان يبدو أشبه بأسنان التمساح. وتتكون جروف بلو لياس بمنطقة لايم ريجيس من طبقات من الطفل الصفحي والمرل



شكل ٣-١: توضح هذه الحفرية لعظم ثور (إلى اليسار) من كهف كركديل الذي يرجع إلى العصر البليستوسيني، والذي استكشفه لأول مرة البروفيسور ويليام باكلاند عام ١٨٢١، تلفًا مطابقًا لذلك الذي تسبَّب فيه ضبع لعظمة ثور حديثة (إلى اليمين).

الغني بالحجر الجيري الذي ترسب أصلًا (منذ ما بين ١٩٥–٢٠٠ مليون عام) على السواحل البحرية الضحلة. وكانت الحفريات المتواجدة داخل الحجر الجيري محفوظة دون أن تتحطم، وكان الناس يبحثون عنها هي تحديدًا.

ماري آننج

«... الأمر غير العادي الذي ميَّز هذه الشابة هي أنها جعلت نفسها على معرفة كاملة ودقيقة

بالعلم، حتى إنها في اللحظة التي كانت تعثر فيها على أي عظام كانت تعرف إلى أي قبيلة تنتمي ... إنها مثال رائع على الموهبة الربانية؛ فلا بد وأن تلك الفتاة الفقيرة التي لم تتلقَّ تعليمًا كانت مباركة؛ إذ إنها من خلال الاطلاع والتطبيق وصلت إلى درجة من المعرفة، حتى إنها اعتادت على مراسلة ومحادثة أساتذة وغيرهم من البارعين في هذا المجال، وقد أقرَّ جميعهم بأنها تعي من هذا العلم قدرًا يفوق ما لدى أي شخص آخر في المملكة.»

ليدي سيلفستر، من مذكراتها، ١٨٢٤

تتميز الجروف الصخرية هناك بكونها ملساء. ربما كان السبب في ذلك أن العواصف أدت إلى تعرية طبقة جديدة من الحفريات؛ ولعلها كانت موجودة هناك طيلة الوقت ولم ينتبه إليها أحد. على أية حال، بين عامي ١٨١١ و١٨١٢، استخرجت ماري آننج وشقيقها إكتيوصورًا ضخمًا كاملًا تقريبًا (ليس أول إكتيوصور في العالم، لكنه كان أول ما وُصِف وصفًا دقيقًا من قبل الباحثين)، باعته بمبلغ ٢٣ جنيهًا استرلينيًّا لأحد الملاك من أهل المنطقة. ثم تبيَّن أن الإكتيوصورات — وهي نوعًا ما النسخة من الزواحف المقابلة للحيتان ذات الأسنان الشبيهة بالدلافين — مصدر جميع أسنان التماسيح. وبعدها اكتشفت أول زاحف طائر إنجليزي (تيراصور)، وأول بليزوصور (مجموعة من الكائنات رُسخت إلى الأبد في أذهاننا على أنها تتضمن وحش بحيرة لوخ نيس)، وحيوانًا يمت بصلة قربى لأسماك القرش ويبدو أنه يمثل حلقة الاتصال مع أسماك الورنك والشفنين البحري. وتدافع الأثرياء لشراء تلك الكنوز الجديدة، وتنافس علماء المتحجِّرات بدورهم للحصول على فرصة لدراستها ووصفها، ورغم ذلك عاشت ماري آننج دومًا في فاقة، كما أن المنظومة الطبقية القاسية جعلتها دومًا على هامش علم المتحجرات الفكري.

ليست الاكتشافات المهمة وحدها التي تأتي بالجملة، وإنما العلماء كذلك. ففي عشرينيات وثلاثينيات القرن التاسع عشر، وبينما كانت ماري آننج تكتشف كنوزًا مذهلة في لايم ريجيس، ظهرت مدرسة جديدة كاملة من الباحثين المتمكنين في علم المتحجرات الذين قاموا بدراسة هذه الكنوز. ففي إنجلترا، كان هناك طبيب من ساسكس يدعى جيديون مانتل، وهنري دي لا بيش (الذي صار لاحقًا أول مدير لهيئة المساحة الجيولوجية البريطانية)، والمبجَّل ويليام كونويبر، وباكلاند بالطبع. في هذه الأثناء، وفي فرنسا، ظهر البارون جورج كوفييه — أستاذ علم التشريح بالمتحف الوطني للتاريخ



شكل ٣-٢: يعتقد الكثيرون أن هذا الرسم يصور ماري آننج وهي تحمل مطرقتها عند شاطئ لايم ريجيس.

الطبيعي بباريس، والذي يقال إنه مؤسس علم المتحجرات الفقارية بصفته مجالًا دراسيًّا مهنيًّا — وسيطر على المشهد بمعرفته الموسوعية وآرائه الرصينة الواثقة.

قدم باكلاند وصفًا رسميًّا لأول ديناصور في عام ١٨٢٤. وحقيقة الأمر أن د. روبرت بلوت وصف في عام ١٦٦٧ عظمة فخذ جزئية ضخمة (ضاعت أو فقدت الآن) من الأجزاء التي تنتمي إلى العصر الجوراسي في قرية كورنويل في مقاطعة أكسفوردشير. فقرر بلوت — الذي لم يكن يعلم كنهها — أنها تعود لإنسان عملاق ممن ورد ذكرهم في الإنجيل. وبتشجيع من كوفييه، درس باكلاند مجموعة جديدة من المواد الحفرية، وأوضح أنها جاءت من نوع عملاق من الزواحف فأطلق عليها اسم ميجالوصور (أي العظاءة العملاقة). وسرعان ما حذا حذوه مانتل — الذي عثر على إجوانودون في أحد المحاجر بغابة تيلجيت في ساسكس. كان كلا الحيوانين يبلغان من الطول أكثر من ٣٠ قدمًا.

ومن الواضح أن الميجالوصور حيوان مفترس مخيف، في حين أن الإجوانودون — كما يبدو من أسنانه — حيوان آكل للعشب. في عام ١٨٣٢، عثر مانتل على ديناصور آخر أطلق عليه اسم هايلياصور (عظاءة الغابة). وبعدها بعشر سنوات أدرك عالم التشريح ريتشارد أوين أنه كانت توجد فئة كاملة مستقلة من تلك المخلوقات، ليست عظاءات على الإطلاق ومختلفة كلية عن الأنواع الأخرى من الزواحف، والتي أطلق عليها اسم ديناصوريا (وتعني كمصطلح تقني العظاءة المروعة، ربما على أساس أن كلمة صوريان اللاتينية يمكن أن تعني أيضًا: حيوان زاحف).

وقد نفت تلك الزواحف المنقرضة غير العادية — وإن كانت حقيقية بصورة استثنائية — التي تنتمي إلى حقبة الميسوزوي أخيرًا أي احتمال لأن تكون هي أو أي حفريات أخرى مجرد أحجار متشكلة: أي قطع من الصخور تحاكي شكل الكائنات الحية. وقد جرى توثيقها قبل عقود من تأليف تشارلز داروين لكتابه «عن أصل الأنواع»، وقبل أن تصبح أي نظرية أو آلية مترابطة منطقيًّا حول التطور مقبولة على نطاق واسع، ومع ذلك حاول البعض اعتبارها كالوحوش الخرافية الهائلة من أمثال «البهيموث» الذي ورد ذكره في العهد القديم. وبرغم غرابتها — أو ربما لهذا السبب — استوعب الخيال الشعبي الإكتيوصورات، والتيراصورات، والبليزوصورات والديناصورات دون مشقة. والحقيقة أنه بدلًا من تفسيرها على أنها منافية للتعاليم الواردة بالإنجيل، كان من السهل على الناس اعتبارها متوافقة تمامًا مع سلسلة الوجود المستفيضة. وجاء عقد العشرينيات من القرن التاسع عشر ليمثل ذروة شعبية حركة علم اللاهوت الطبيعي، الذي يهتم بدراسة عجائب الطبيعة باعتبارها آيات على عظمة الإله وقدرته. اعتبر المبجل كونويبرر (الواصف الأصلي للبليزوصور الذي اكتشفته ماري آننج) أن البليزوصورات تمثِّل حلقة الوصل بين الإكتيوصورات والتماسيح، وأنها «البرهان المؤكد على الثراء غير المحدود لإبداع الخالق». وبالطبع استبعد أفكار هؤلاء «الذين تخيلوا على نحو مثير للسخرية أن حلقات الوصل (بين نوع وآخر) … تمثل انتقالات حقيقية»، واعتبرها أفكارًا «قميئة غير سوية».

غير أن آثار الضجة التي أثارتها النظرية لا تزال موجودة: فلم يكن من الممكن تجاهل الإشارة إلى وجود عمليات طبيعية عالية القدرة تعمل في باطن الأرض وفي أعماق الزمن. كانت الأدلة التي يظهرها سجل الحفريات بالفعل واحدة من مصادر إلهام نظريات إرازموس داروين عن التطور. وقد كان على درجة من اليقين من أهميتها حتى

وصل الأمر به إلى وضع بعض الأصداف الحفرية فوق شعار النبالة الخاص بعائلته الذي وضع حديثًا، وبجوارها عبارة تقول باللاتينية ما معناه: «كل شيء من الأصداف.»

الديناصورات

في عام ١٨٠١، قام تشارلز ويلسون بيل — وهو فنان موهوب، بل وموهوب أكثر في العرض، ومبتكر فكرة إنشاء متحف التاريخ الطبيعي المعاصر وديوراما المتحف — بالتنقيب واستخراج اثنين من حيوان الماستودون ضخمين وشبه مكتملي الأجزاء، مع أجزاء من ماستودون ثالث من نيوبرج بنيويورك. وعند وضعها للعرض على الجمهور بفيلادلفيا، نال الماستودون الذي اكتشفه بيل شهرة واسعة وساعد في خلق حالة من الافتتان بالحفريات بين جماهير العامة. غير أن الديناصورات جاءت في نهاية المطاف لتحتل صدارة المشهد. وقد أسهم اسمها في حد ذاته في خلق تلك الصورة الذهنية لها، غير أن شهرتها مرتبطة أيضًا ارتباطًا وثيقًا بحقيقة أنها هائلة الحجم وشديدة «الاختلاف»، في حين أن المستودون في نهاية الأمر، كان مجرد نوع مختلف من الفيلة.

ومنذ البداية، روَّج بعض العاملين في مجال الديناصورات لاكتشافاتهم (ومن ثم لأنفسهم) بأساليب لم يتبعها العاملون في مجال الحفريات الأخرى (أو أنهم فشلوا في تحقيق شيء). أدرك ريتشارد أوين — على سبيل المثال — أن الديناصورات كانت خيارًا بديهيًّا للعرض في المعرض العظيم الذي تُقيمه بريطانيا عام ١٨٥١. وأعيد تركيب الديناصورات بحجمها الطبيعي على يد النحات والمروج الرئيسي للحدث بنجامين ووترهاوس هوكينز لصالح كريستال بالاس الكبير في هايد بارك حيث سيقام المعرض العظيم، ثم نُقلت بعدها لموقع دائم بجنوب لندن. وعندما أقيمت وليمة عشاء شهيرة عام ١٨٥٣ احتفاءً بإعادة التشييد النصفي للإجوانودون، قطع علم المتحجرات شوطًا كبيرًا نحو الحالة الإعلامية المعاصرة التي يعيشها الآن.

حتى تشارلز ديكنز كان ممن استغلوا حمى الديناصورات في بداياتها، وكان ديكنز رجلًا يعرف جيدًا مقدار القوة التي تتمتَّع بها المطبوعات التي تتاح للجمهور بأسعار زهيدة، وكانت رواياته في الغالب تظهر أولًا على حلقات في المجلات الشعبية. ففي مجلة «هاوسهولد ووردز» عام ١٨٥٢، في الفقرة الأولى من رواية «البيت الكئيب»، كتب يقول:

> طقس نوفمبر الذي لا سبيل لترويضه. كانت الطرقات ممتلئة بالوحل كما لو أن المياه قد غادرت لتوها تاركة سطح الأرض، وما كان من المستغرب

وقتذاك أن تلتقي ميجالوصورًا، طوله أربعون قدمًا تقريبًا، يتهادى في مشيته كالعظاءة الضخمة في شارع هولبورن هيل.

ولم ينظر علم المتحجرات الشعبي وقتها مطلقًا إلى الوراء، لا سيما عندما انتقل مركز النشاط إلى الولايات المتحدة. اكتُشفت أولى الديناصورات الأمريكية (أسنان متفرقة من العصر الطباشيري العلوي) في قاع نهر جوديث بولاية مونتانا على يد بعثة هايدن الاستكشافية بين عامي ١٨٥٥ و١٨٥٦. وبعدها في عام ١٨٥٨، عُثِر على أول هيكل عظمي شبه مكتمل لديناصور في حفرة لاستخراج الطمي بنيو جيرسي. ارتحل ووترهاوس هوكينز إلى فيلادلفيا لتركيب أجزاء هادروسورس الذي اكتشفه د. جوزيف ليدي ثم عرض قوالب مصبوبة له للبيع لمتاحف العالم. وقد سبب الهيكل الذي ركبه ضجة، حتى إن أكاديمية العلوم الطبيعية فرضت رسومًا مقابل دخول المتحف كي تحد من حجم الإقبال عليه. وعُرِضت نسخة منه في المعرض الأمريكي المئوي عام ١٨٧٦، ثم لاحقًا بمتحف مؤسسة سميثسونيان.

غير أن ذروة الاكتشافات العظيمة جاءت مع فتح الغرب الأمريكي. ومن جديد، اجتمع العديد من الباحثين حول الموضوع نفسه. وقام عدد من المستكشفين جامعي الحفريات بإمداد الرجل النبيل ليدي (الذي وُصف ذات مرة بأنه آخر الرجال الذين يعلمون كل شيء) بحفريات من الغرب، وكان من بين من أمدوه بالحفريات فرديناند هايدن. غير أنه سرعان ما خبا نجمه أمام نجم مجموعة من المغامرين الباحثين المتحمِّسين الذين حصلوا على تمويل جيد، والذين — حتى عندما كان المجال يتسع للجميع — دخلوا في منافسة شرسة على الحفريات في الغرب الأمريكي. وخلال ٣٠ عامًا، جمع أوثنيل تشارلز مارش من جامعة ييل، وإدوارد درينكر كوب من فيلادلفيا — وهما أكبر متنافسين بين الباحثين وجامعي الحفريات — ما يقرب من ١٢٠ ديناصورًا مختلفًا من مناطق الغرب الأمريكي الوعرة. وقاما معًا كذلك بجمع ما لا يعد ولا يحصى من الأنواع الأخرى من الحفريات (برغم أنهما كانا يميلان للبحث عن المواد المثيرة وتجاهل ما سواها، مع أنها كانت لا تقل عنها تشويقًا وإثارة مثل أسنان الثدييات البدائية).

وتعد قصة كوب ومارش واحدةً من أعظم الملاحم العلمية؛ فهي في بعض منعطفاتها مرحة، وفي أحيان أخرى مستهجنة بل ومأساوية. غير أنه ما من شك أنها تدل على مدى إصرارهما. في عام ١٨٧٥، لم يكتفِ مارش بوجوده بمنطقة بلاك هيلز بداكوتا الجنوبية يتفاوض مع قبيلة السو الهندية للحصول على تصريح منهم بجمع الحفريات، وإنما

سرعان ما صار نصيرًا في واشنطن لزعيم القبيلة المعروف باسم «السحابة الحمراء» ضد الإهمال الذي يتعرض له من قبل الوكالة المسئولة عن الهنود الحمر بالولايات المتحدة. وفي عام ١٨٧٦، وبعد مرور بضعة أسابيع فقط على معركة «لتل بيج هورن» وهزيمة كاستر، كان كوب يقوم بجمع الحفريات في مونتانا، معتمدًا على أنه «ما دام كل فرد قادر على القتال من قبيلة السو سوف ينضم إلى المقاتلين البواسل تحت لواء الزعيم «الثور الجالس» … فلن يكون ثمة خطر علينا.» كانت عمليات الاستكشاف والمغامرة محورية من أجل اقتفاء أثر الكنوز العلمية التي يزخر بها الغرب، كما أن تلك الأراضي نفسها ظهرت أمام الجمهور في أعمال فنية من الرسوم والمطبوعات لفنانين من أمثال ألفريد بيرستاد، وتوماس موران، وكارل بودمر، وجورج كاتلين.

مع مطلع القرن العشرين، امتدت عمليات التنقيب عن الحفريات في الغرب الأمريكي حتى أراضي كندا الوعرة، التي لا تقل وحشة عن الأراضي الأمريكية. وأسرف تشارلز ستيرنبرج — وهو شخصية جذابة عمل لصالح كلٍّ من كوب ومارش ثم بعدهما لصالح الحكومة الكندية — في جمع الحفريات في وادي رد دير فالي بألبرتا. وتُعرض الحفريات الرائعة التي استخرجت من تلك المنطقة حاليًّا بمتحف تيريل في درامهيلر، بمقاطعة ألبرتا.

ومن حيث الاهتمام الشعبي، فقد استولت الديناصورات على صدارة المشهد وأزاحت جانبًا التيراصورات والإكتيوصورات بذلك الاكتشاف البلجيكي المذهل لمقبرة جماعية لحيوان الإجوانودون عام ١٨٧٨. وفي عام ١٨٩٧، رسخ مقال كُتب بأسلوب شاعري ومفعم بالصور التوضيحية نُشِر بجريدة «أمريكان سينشري» تحت عنوان «العظاءات العملاقة القادمة من عصر الزواحف» — واقتبسته في العام التالي الصحيفتان المصغرتان «نيويورك جورنال» و«نيويورك وورلد» — أقدام الديناصورات باعتبارها ظاهرة في الثقافة الشعبية.

في عام ١٨٩٥، اشترى المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي مجموعات حفريات خاصة من كوب المُفلِس تحت سمع وبصر أكاديمية فيلادلفيا، وجعل مدير المتحف هنري فيرفيلد أوزبورن (وكان هو نفسه عالم متحجرات) الديناصور أحد عوامل الجذب للمتحف ووضع صورته في واجهة العرض. في عام ١٩٠٢، اكتشفت بعثة بقيادة بارنوم براون أول ديناصور من نوع تيرانوصور ركس. وبعدها وفي العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين، توسع المتحف توسعًا هائلًا بإرسال سلسلة من البعثات الاستكشافية

(ولم ينسَ تزويد أفرادها بكاميرات سينمائية)، تحت قيادة الجسور روي تشابمان أندروز (النسخة الأولية من شخصية «إنديانا جونز» السينمائية) مرتديًا حذاء ركوب الخيل شديد اللمعان، إلى صحراء جوبي. كان هدفهم الأصلي هو البحث عن حفريات للإنسان الأول؛ غير أنهم وقعوا بدلًا من ذلك على اكتشافات مذهلة للديناصورات المقرنة وأعشاش لا يزال البيض بداخلها.

وحتى لا يُهزم متحف كارنيجي في بيتسبرج في تلك المعركة، قرر — مستندًا إلى الدعم المالي من مؤسسه الذي يحمل المتحف اسمه — بدءَ جهوده البحثية الكبرى الخاصة به، مثلما فعلت جميع المتاحف الكبرى الأخرى التي كانت تشتري من جامعي الحفريات لو لم تطلق بعثاتها الخاصة بها. واليوم، وبعد مرور ٧٥ عامًا، امتد البحث عن الديناصورات الأكثر أهمية (وغيرها من الحفريات) بنجاح للعالم بأسره، من القطب الشمالي وحتى الأرجنتين، ومن الصين إلى جرينلاند، ومن أستراليا حتى أفريقيا. ومن المشوق حقًّا أن زيادة شعبية علم المتحجرات أعاد الحياة إلى الاكتشافات المتعلقة بالديناصورات في بريطانيا، لا سيما في جزيرة وايت. وأينما كان الموضع الذي يجمع منه أي شخص حفريات، فإن الديناصورات على الأرجح هي أكثر ما يجذب اهتمام الصحافة والإعلام.

آخر شعلات الحركة الرومانسية

قلة من العلوم تلك التي نجحت في أن تحافظ على جديتها مثل علم المتحجرات وفي الوقت نفسه تظل متاحة للناس على نطاق واسع. وربما يرجع قدر كبير من شعبيتها إلى صورة عالم المتحجرات التي تنطبع في الأذهان باعتباره مستكشفًا ومن ثم «لاعبًا» في عالم يبدو محاطًا بالسحر والتشويق في آنٍ واحد. إن الصورة الشعبية السائدة لعالم المتحجرات أنه شخص قوي صاحب نظرة فردية. فالمستكشف النبيل يضع نفسه في مواجهة مع البرية ثم يعود حاملًا أشياء لا يصدقها عقل.

جزء كبير من تلك الصورة صحيح وينبع بصورة جزئية من حقيقة أنه مع نهاية النصف الثاني من القرن التاسع عشر، دخلت الديناصورات — ومعها جزء كبير من علم المتحجرات — إلى أسطورة الغرب الأمريكي. فلم تعد الاكتشافات المهمة هي تلك التي يقوم بها رجال متأنِّقون يرتدون حللًا وربطات عنق (وربما ينزعون ستراتهم) يوجهون حفنة من العمال داخل أحد المحاجر الصغيرة في إنجلترا أو نيو جيرسي، وإنما صار جمع الحفريات «عملًا تنقيبيًّا واعدًا». فأصبح بإمكان رجل على صهوة جواده ومعه

أداة تنقيب — وبندقية بالطبع — القيام بمغامرة استكشافية في الغرب، وعلى غرار أبناء عمومته من الباحثين عن الذهب، يعود محملًا بثروة طائلة جلبها من بين الصخور. هذه صورة تحمل في طياتها قسطًا وفيرًا من الإثارة مقارنة بواقع الرجل — أو السيدة — الذي يرتدي معطف المختبر الأبيض، ويستخلص في دأب تفاصيل بالغة الدقة من بين صواني عينات المتاحف، وينشغل بالأساليب الإحصائية المعقدة وكيمياء الرسوبيات أكثر من انشغاله بإقامة معسكرات حول النيران في الأراضي الوعرة. بصرف النظر عن أن النسبة الغالبة من علم المتحجرات كانت تجري في ظروف أقل سحرًا، وتهتم بالكائنات غير المثيرة للاهتمام مثل الجرابتوليتات وعضديات الأرجل. وبعد فترة طويلة ظل فيها علم المتحجرات علمًا معمليًّا في أغلبيته، صُوِّر على أنه نزعة فردية جامحة ومغامرة تعود على صاحبها بالثراء.

وهكذا، بعد مطلع القرن العشرين، أصبح علم المتحجرات يندرج تحت عنوان رئيسي مزدوج: العلم المعملي الرسمي المتجسد في تطوير الجامعات البحثية، وجذوة الحركة الرومانسية التي تخبو. ومنذ ذلك الحين فصاعدًا، وفي فصل الصيف من كل عام، يتخلص الأساتذة الذين ينتمون لأعرق المعاهد البحثية من ستراتهم الداكنة وربطات العنق ليرتدوا الثياب العادية من قمصان وجينز، والأحذية ذات الرقبة الخاصة بالمنقِّبين. ثم يأتي الخريف من كل عام ليعودوا بما جلبوه من حفريات إلى معاملهم. لقد كان كل واحد منهم يلعب دور أوثنيل تشارلز مارش، أو روي تشابمان أندروز، أو (حديثًا) إنديانا جونز. ولا تزال الحفريات — في عيون العامة وكثير من علماء المتحجرات، سواء كانوا متخصصين أو هواةً — تمثِّل ذلك الاندماج الرائع بين رومانسية القرن التاسع عشر ووضوح العلم المعاصر القاسي الذي لا هوادة فيه.

الفصل الرابع

أشياء نعرفها وأخرى نجهلها

إن علم المتحجرات علم مشوق ومفعم بالإثارة؛ لأننا لا نزال لا نعرف «سجل الحفريات» معرفة كاملة. فكل حفرية ما هي إلا تمثيل جزئي للكائن الحي الأصلي؛ والحفريات التي يتم جمعها معًا تمثل بصورة غير مكتملة مجتمعاتها الأصلية أو سلالاتها. كذلك فإن أفكارنا عن الحفريات غير مكتملة أيضًا؛ فلا يزال أمامنا الكثير لكي نتعلمه منها عن تاريخ الأرض وعن النظرية المحورية العظمى لسائر علم الأحياء: نظرية التطور. إن سجل الحفريات مليء بالكائنات المنقرضة التي تتجاوز أقصى ما توصل إليه خيال أفلام الخيال العلمي بكثير. وهو أيضًا مليء بالثغرات بنفس القدر تقريبًا. بعض الأنواع تم التعرف عليها من آلاف العينات، والبعض من حفنة من العينات. وسوف تتواصل الاكتشافات الكبرى، ومن المحتمل أن يؤدي ذلك إما لفتح خطوط جديدة من الفكر أو دحض الأفكار القديمة. فكل حفرية جديدة تعادل نقطة بالغة الصغر في صورة هائلة الحجم؛ صورة متطورة لعوالم بالغة القدم كانت تحيا ذات يوم. فالحفريات سبيلنا الوحيد نحو إعادة اكتشاف تلك العوالم.

يوجد سوء فهم شائع لسجل الحفريات يتمثل في الاعتقاد بأنه يوثق لعملية سلسة من التنوع البيولوجي المتطور التدريجي. في حالة بعض المجموعات، من أمثال الثدييات والطيور، وبعض التحولات الرئيسية مثل أصل الفقاريات رباعية الأرجل (البرمائيات والزواحف والطيور والثدييات؛ وأستخدم على امتداد صفحات هذا الكتاب المصطلحات بمفهومها الشائع قديم الطراز) ونشوئها من الأسماك — وحتى في حالة أصل البشر — فقد أدت الاكتشافات التي وقعت مؤخرًا إلى تقدم واضح في فهمنا للأمور وسدت العديد من الثغرات.

غير أن سجل الحفريات مليء أيضًا بمجموعات من الكائنات التي ظهرت إلى الوجود فجأة، وازدهرت أحوالها، ثم اختفت مرة أخرى. وعلى الرغم من أننا ربما نكون على علم بالمجموعة الكبرى (الشعبة أو الطائفة) التي تنتمي إليها، فإن آباءها في سلسلة التطور لا يمكن تمييزهم في السجل حسبما نعرفه الآن ويبدو أنها لم تخلف ذرية. وتتضمن أمثلة تلك المجموعات التي تبدو لا أصل لها بعضًا من أنجح أشكال الحياة القديمة، مثل الأنواع الغريبة التي تنتمي إلى حقبة الباليوزي المسماة بالقرشيات الشوكية، وأسماك مدرعة بدروع ثقيلة تسمى لوحيات الأدمة (ذوات الصفائح)، ولافقاريات شديدة التميز وإن كانت متوافرة بأعداد غزيرة مثل الجرابتوليتات وثلاثي الفصوص، وعشرات من المخلوقات الأقل شهرة. وعلى هذا الصعيد، لا يزال أمامنا الكثير من العمل للقيام به.

قراءة الصخور

بعد أن رسَّخ روبرت هوك وستينو لفكرة أن الحفريات لا بد وأنها بقايا لكائنات كانت حية ذات يوم، صار جمع الحفريات تدريجيًّا علمًا منهجيًّا، واكتسب أهمية هائلة في الجيولوجيا العملية. وقد مكَّنتنا المبادئ الثلاثة العظيمة التي وضعها ستينو: ألا وهي «التراكب» و«الأفقية» و«الاستمرارية الجانبية»، من فتح السجل الجيولوجي كالكتاب: لقد جعلت الحفريات قراءة صفحات هذا الكتاب وترقيمها أمرًا ممكنًا.

منذ القرن الثامن عشر فصاعدًا، وفي الوقت الذي بدأت فيه البنية الداخلية للأرض تصبح أكثر وضوحًا أمام أنظارنا نتيجة لعمليات التعدين الأعمق وتعبيد الطرق وحفر القنوات وإنشاء السكك الحديدية؛ سرعان ما صار جليًّا أن هناك أنواعًا من الصخور ترتبط بحفريات بعينها. فالطبقات الفحمية التي تعود للعصرين الكربوني والإيوسيني — على سبيل المثال — تحوي مجموعات مختلفة تمامًا من الحفريات. وقد شوهد أن العمود الطبقاتي (نسبة لعلم طبقات الأرض) يتكون في نهاية المطاف من طبقة مركبة فوق أخرى من الصخور التي تحتوي كلٌّ منها على نمطها الخاص من الحفريات، وأكثر تلك الحفريات نفعًا هي الحفريات الدقيقة مثل المنخربات (وهي كائنات بلانكتونية مجهرية الحجم أحادية الخلايا، ولا تزال الأنواع الحديثة منها تعيش في المحيطات، وقد ترسبت هياكلها بالمليارات في قاع البحر).

يمكن لتلك الأنماط الخاصة من الحفريات أن تعطينا إشارات عن الفوارق الزمنية والمكانية. على سبيل المثال، قاعان للحفريات قد يكونان في العمر نفسه تقريبًا، لكن لو

كانت الظروف البيئية والترسيبية الأصلية مختلفة — على سبيل المثال إذا كان أحدهما قاع بحيرة عتيقة والآخر شعابًا مرجانية — فإنهما سوف يحتويان حفريات مختلفة تمامًا. لكن العكس صحيح أيضًا، ومفيد بصورة استثنائية. إذا كان لدينا بروزان من الصخور، يبعدان بعضهما عن بعض ببضعة أميال، ولديهما نفس النمط من الحفريات، فمن الممكن أن نكون على يقين من أنهما من نفس العمر وترسَّبا في الأصل في ظروف مشابهة.

ومن معدل اتساق «بصمات» توزيع الحفريات في الطبقات الرسوبية، اكتشف ماسح الأراضي ومشيد القنوات الإنجليزي ويليام سميث (١٧٦٩–١٨٣٩) أن باستطاعته تتبع الصخور الجوراسية نفسها البارزة في سومرست، حيث شارك في تشييد قناة تسير باتجاه مائل في اتجاه الشمال الشرقي إلى ساحل بحر الشمال مباشرةً. وبعد أن جاب طول البلاد وعرضها يجمع الحفريات وعينات الصخور، صنع أولى خرائط الجيولوجيا السطحية لبريطانيا.

قوانين ستينو

التراكب: في الوقت الذي كان جسم ما يتشكل، كان ثمة جسم آخر تحت الطبقة نفسها حصل وقتئذ بالفعل على تكوين صلب.

الأفقية: من المؤكد أنه عند تشكل أي طبقة كان سطحها السفلي وسطح جوانبها مطابق لأسطح الجسم السفلي؛ غير أن سطحها العلوي كان — قدر الإمكان — موازيًا للأفق.

الاستمرارية الجانبية: وقت تشكيل أي طبقة، كانت إما عند الجوانب محاطة بجسم آخر صلب، أو أنها كانت تغطي كوكب الأرض بأكمله.

ستينو، «بحث تمهيدي لأطروحة حول احتواء
جسم صلب داخل جسم صلب آخر في الطبيعة»
(١٦٦٩؛ ترجمه إلى الإنجليزية: هانز أولدنبرج، ١٦٧١)

علاوة على ذلك، تمكَّن سميث في كثير من الأماكن أيضًا من رسم خريطة للطبقات الجيولوجية تحت السطحية. ولتلك الخرائط قيمة لا تقدر بثمن. فإنها تتنبَّأ بأنواع الصخور التي ستكون تحت السطح حتى لو كان السطح مغطًّى بالنباتات، وهي تُعلم قارئها بما تحويه تلك الصخور — خام حديد أو فحمًا أو أحجارًا للبناء — أو الظروف

التي تسمح بإنشاء خطوط سكك حديدية ولا تسمح بشق القنوات. ولهذا كله، كانت للحفريات أهمية جوهرية.

بُنِيَ المقياس الزمني الجيولوجي بأسره كما نعرفه اليوم — بدءًا من الدهر ما قبل الكمبري وحتى العصر الهولوسيني — في الأصل على الاختلافات بين تلك الأنماط من الحفريات؛ ما إذا كانت تقسيمات كبرى مثل حقبة الباليوزي أم اختلافات في أدق التفاصيل. هناك بطبيعة الحال مشكلة الحركة الدائرية إذا كنا نستخدم الصخور لتأريخ الحفريات، والحفريات لتأريخ الصخور. وإذا كان من الممكن أن ينشأ نوع ما مرتين بصورة مستقلة، فسنكون قد تعرضنا للخديعة. لحسن الحظ، بعض الصخور يمكن تحديد تواريخها باستخدام القياس الإشعاعي، ومن ثم تقدم لنا العمر الدقيق والمعايرة المستقلة للأعمار النسبية التي تتوفر من خلال سجل الحياة الحيوانية والنباتية.

مع إدراك وجود العمود الطبقاتي باعتباره تسلسلًا زمنيًّا فريدًا في نوعه، صارت الأنماط الإجمالية في سجل الحفريات واضحة. لقد كُشِف النقاب عن تاريخ الحياة على الأرض، وصار معلومًا أنه «مطَّرد»، على الأقل من حيث إنه بدأ بكائنات بسيطة (ما يطلق عليها «الأدنى مرتبة») ثم سار قدمًا عبر زيادة أبدية في التنوع والتعقيد. ولعل أكثر جانب يحكي لنا الكثير عن سجل الحفريات الجديد هذا أن الغالبية العظمى من الكائنات المسجلة فيه لم يعثر عليها بين الأحياء على الأرض في أيامنا هذه. وكلما غصنا إلى أعماق أكبر في الطبقات الصخرية، ظهرت المزيد من الكائنات المنقرضة؛ ليس فقط أنواعًا منقرضة وإنما مجموعات كبرى بأكملها (ثلاثيات الفصوص، على سبيل المثال). لم تقدم كل تلك الاكتشافات حقائق جديدة كي يتدارسها العلماء فحسب، وإنما تسببت في حراك هائل للخيال الشعبي؛ فلقد كان هناك عوالم أخرى بأكملها نشأت ثم اندثرت قبل عالمنا.

من وجهة نظر علم المتحجِّرات، يُنظر إلى الممالك الحيوانية والنباتية الحية على أنها أحدث فصول رواية التغير العضوي التي بدأت فصولها منذ ما لا يقل عن ٣٫٥ مليارات عام. وبمجرد تطور الحياة، في كل عصر من عصور تاريخ الأرض، كانت الحياة تترك بصمة جديدة؛ في المقياس الزمني الجيولوجي المألوف لنا — بعد معايرة تواريخه بأساليب النظائر المشعة — صارت حفرياته الآن تعرِّف الوحدات المكونة له كبيرها وصغيرها.

إن الخطوط العريضة لمسار الحياة المتغير على الأرض عبر الـ ٥٤٥ مليون سنة الماضية من الدهر الفانروزي («الحياة الظاهرة») معروفة جيدًا. وإذا سرنا «للوراء» في

الزمن من عصرنا الحالي، فسنجد أن معظم مجموعات الكائنات الحية التي نألفها اليوم يمكن توضيح أنها قد نشأت في العصر الطباشيري وتنوعت خلال الـ ٦٦ مليون عام الماضية: حقبة السينوزوي (ومعناه «الحياة الحديثة»). كان ذلك العصر عصر تنوع هائل بين الممثلين الأوائل للثدييات والطيور والأسماك والحشرات والحشائش والأشجار المزهرة والنباتات التي تطوَّرت مع الحشرات التي كانت تلقحها.

إذا نظرنا للوراء أكثر إلى حقبة الميسوزوي («الحياة المتوسطة») لرأينا عالمًا مختلفًا تمامًا، انقرض قاطنوه؛ ومن بينهم مجموعات كاملة مثل الإكتيوصورات والبليزوصورات، والزواحف الطائرة، والأمونيتات. في هذا العصر المسمى بـ «عصر الزواحف»، كانت أشجار الغابات في الغالب من الصنوبريات والسيكاسيات. وبالطبع كانت هناك الديناصورات، والتي لا يزال أحد فروعها يعيش إلى اليوم على هيئة طيور. بعض الأنواع المألوفة من الحيوانات مثل التماسيح والسلاحف كانت مُمثلة تمثيلًا جيدًا، وكانت المجموعات المعاصرة من الأسماك تبدأ في التنوع. وكانت الأنواع المختلفة من الثدييات البدائية موجودة اعتبارًا من العصر الترياسي المتأخر فصاعدًا.

وإذا عدنا للوراء أكثر وأكثر، نحو الحقبة الكربونية من أواخر حقبة الباليوزي (حقبة الحياة القديمة)، فإننا ندخل أكثر في العالم الأقدم. على اليابسة، كانت هناك غابات استوائية ذات أشجار ضخمة من بينها أنواع تتصل بصلة قرابة بنباتات أذناب الخيل ورجل الذئب، التي وفرت لنا بقاياها الفحم، وكذلك المستنقعات التي كانت موطنًا لحشرات عملاقة ورباعيات أرجل برمائية عجيبة. وفي البحار ترسبات هائلة من الحجر الجيري كانت تتكون. لكن كان هناك عالم أكثر بدائية من ذلك في العصر الديفوني السابق، والذي غالبًا ما كان يطلق عليه «عصر الأسماك». وهذا العصر تحديدًا دون غيره هو الذي أودُّ زيارته مستخدمًا آلة الزمن؛ حيث المساحات شبه القاحلة التي بالكاد عاش فيها أقدم أسلافنا من البرمائيات ذات الأرجل الأربع حياة محفوفة بالمخاطر عند الحواف السبخية للقارات وحول البحيرات والمستنقعات داخلها. في ذلك العصر أيضًا خاطرت أولى النباتات الوعائية والحشرات عديمة الأجنحة بالخروج إلى اليابسة، بعيدًا عن الأنهار والبحار التي كانت تهيمن عليها مجموعة متنوعة من الأسماك الغريبة ذات الدروع الثقيلة، من بينها أسماك مفترسة يبلغ طولها ٢٠ قدمًا.

ثم نعود للخلف أكثر حيث العصور: الكمبري، والأوردوفيشي، والسيلوري، والتي غالبًا ما كان يطلق عليها مجتمعة «عصر اللافقاريات»، حيث هيمنت عليها ثلاثيات

الفصوص وعضديات الأقدام والجرابتوليتات الغريبة، ومخلوقات أكثر غرابة تسمى مخروطيات الأسنان أو كونودونت (ويعثر عليها عادةً متمثلة في أسنان متفرقة)، والتي ربما كانت من الحبليات؛ مما يشير إلى أن أسلاف جميع الفقاريات تطورت بالفعل في العصر الكمبري.

لم تقع أيٌّ من تلك الأحداث في فراغ جيولوجي-جغرافي-بيئي: فمنذ البداية الأولى، كان على المفترس والفريسة، والمستهلك والطعام أن ينخرطا فيما يعادل الآن سباق التسلح. فكلما طور الطرف الثاني وسائل دفاعية جديدة ينجو بها من الافتراس، كان يتبع ذلك ابتكار الطرف الأول أساليب جديدة لقهر تلك الوسائل الدفاعية. فعلى سبيل المثال، تتمثل أحد أعجب سمات الحياة في العصر الثلاثي في تطور بلورات صلبة من السيليكا في الحشائش، والتطور الذي تبعه لأنواع الأسنان لدى الحافريات (الماشية والغزلان والجياد، على سبيل المثال) والقوارض للتعامل مع تلك المواد الصلبة.

كانت كل تلك التغيرات بين الكائنات الحية مصحوبة — بل وتحركها بشكل جوهري — بتغيرات فيزيائية تعمل على نطاق عالمي حقيقي. تتكون قشرة الأرض من عدد من «الصفائح التكتونية» التي تتحرك في الأنحاء فوق طبقة الدثار شبه السائلة التي تقع أسفلها. وفي الدهر البروتيروزوي، كانت جميع الصفائح القارية على الأرجح ملتحمة في قارة واحدة عملاقة. وبحلول العصر الأوردوفيشي، كانت هناك قارة واحدة كبرى — هي جوندوانا — تتكون في الأساس من أفريقيا وأمريكا الجنوبية وأستراليا، وقد ضمت بعضها إلى بعض، تقع في مكان ما من المحيط الجنوبي العظيم، في حين كانت آسيا وأوروبا وأمريكا الشمالية معزولة إلى حد ما في نصف الكرة الشمالي ومغطاة بالبحار إلى حد كبير. وبحلول العصر الديفوني، التحمت أوروبا الغربية وشرق أمريكا الشمالية على هيئة كتلة شمالية كبرى من اليابسة تسمى لورينشيا؛ وبنهاية العصر الديفوني، كانت القارات تتقارب معًا في قارة كبرى عملاقة (سميت بانجيا). بعدها، وفي منتصف حقبة الميسوزوي، بدأت تنفصل عن بعضها مجددًا، وانفتح الأطلنطي، واقتربت القارات من اتخاذ أوضاعها الحالية.

لا تزال تداعيات تلك الحركات العالمية موضع تحليل. غير أنه من الواضح أن تكتونيات الصفائح تمثل مجموعة كبرى من العوامل في توجيه التطور العضوي من خلال إنتاج السياق البيئي لقدر كبير من التغير التطوري. لقد أثر تكون الجبال، وفتح أحواض المحيطات وغلقها، ونشأة البحار القارية الضحلة واختفاؤها، والتغيرات التي

طرأت على مستوى سطح البحر، على المناخ (ولا تزال تؤثر عليه) من خلال توازن بيئات اليابسة في المناطق الاستوائية والمعتدلة والقطبية، وأنظمة تيارات المحيطات الكبرى (على سبيل المثال، من غير الممكن أن يكون هناك ما يعرف بتيار الخليج قبل أن يصير المحيط الأطلنطي مفتوحًا)، والحركة الدورانية للغلاف الجوي (من المحتمل أن نشأة جبال الهيمالايا هي أصل الرياح الموسمية).

مما لا شك فيه أن سجل الحفريات سوف يواصل التغير؛ سوف تُكتشف العديد من الأنواع الجديدة من الكائنات، وسوف نتمكَّن من اقتفاء أثر الأنواع المعروفة حتى أعماق الزمن السحيق. غير أنه يبدو من غير المرجح أن يثبت كذب الصورة العامة لتغير الحياة على الأرض خلال الأزمنة الحديثة نسبيًّا من الدهر الفانروزي (آخر ٥٤٥ مليون عام). إلا أنه لا تزال هناك العديد من التحديات عندما يتعلق الأمر بالأزمنة الأقدم.

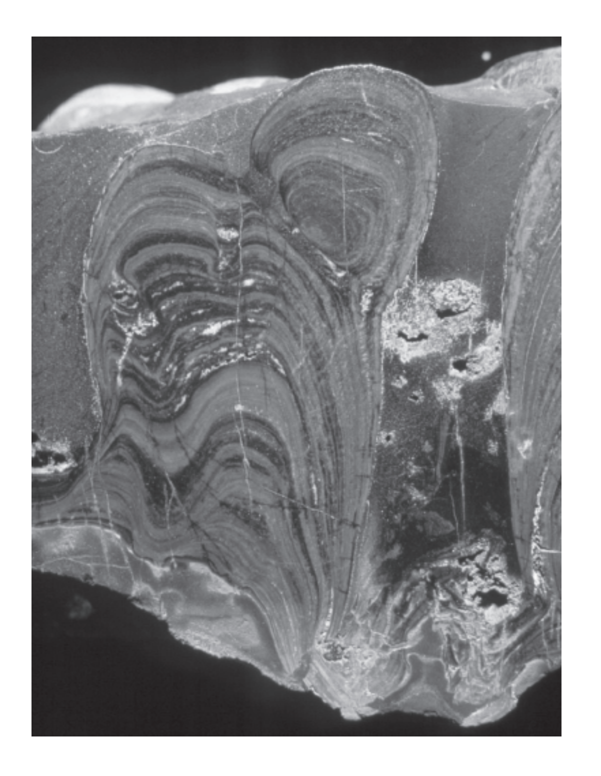
البداية

توجد أكبر ثغرات سجل الحفريات في البدايات. لا توجد صخور في قشرة الأرض يزيد عمرها على ٣٫٩ مليارات عام، فكل الصخور السابقة على ذلك تعرضت لإعادة تدوير من خلال العمليات الأرضية. وتعرف الفترة الزمنية التي مرت بين نشأة الأرض منذ حوالي ٤٫٥ مليارات عام وبداية العصر الكمبري — أي منذ ٥٤٥ مليون عام — بالدهر ما قبل الكمبري، والمقسم إلى ثلاثة دهور (الهاديان؛ ثم الأركي الذي بدأ قبل ٤ مليارات عام مضت؛ ثم أكثرها حداثة، البروتيروزوي منذ ٢٫٥ مليار عام، ويعني «الحياة الأولى»).

هناك قدر بسيط من الأدلة — أغلبها لا يزال مثار جدل — يسجِّل وجود بكتيريا وربما حياة ميكروبية أخرى في صخور الدهر الأركي من أستراليا وجنوب أفريقيا يعود تاريخها إلى ٣٫٥ مليارات عام مضت. كانت الأنواع الرئيسية من البكتيريا هي الزراقم أو البكتيريا الزرقاء: ويشير الاسم إلى لونها الأخضر الضارب إلى الزرقة، لا إلى إنتاجها للساينانيد. لا تزال الزراقم موجودة بوفرة إلى اليوم، إلا أن هناك فجوة قدرها مليار عام على الأقل بين نشأة الأرض وتلك العلامات الأولى على وجود الكائنات الحية. وعند نقطة ما خلال تلك الفترة الفاصلة، نشأت الحياة على الأرض في صورة جزيئات بسيطة نسبيًّا تتكاثر ذاتيًّا، ثم مضى الأمر قدمًا حتى تكون شيء يشبه الفيروسات والبكتيريا المعاصرة.

بين ٣٫٥ ملايين عام مضت وبداية العصر الكمبري، ظهر نوع جديد من التنظيم في صورة طحالب وحيدة الخلية. تواجدت تلك الكائنات في بُنًى أشبه بالهضاب تسمى

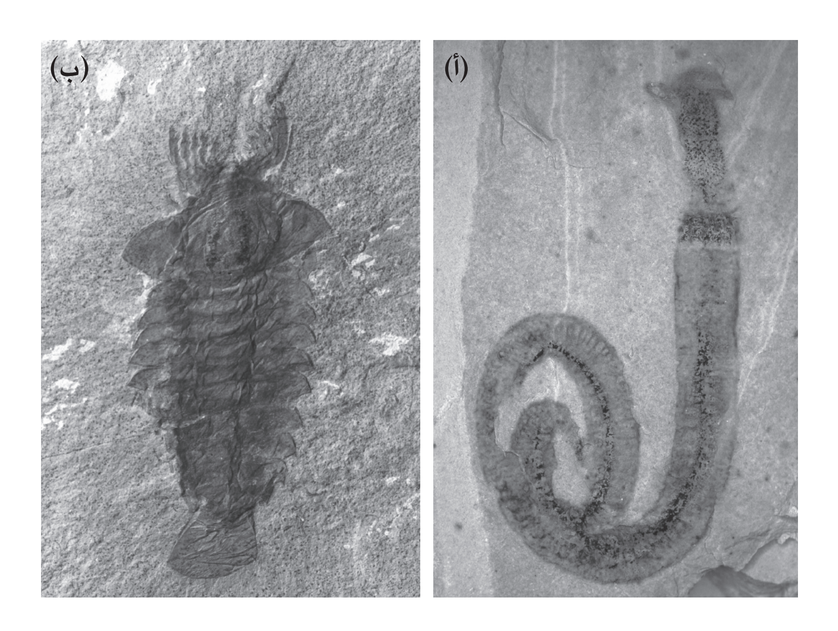
الرقائق الكلسية الطحلبية (ستروماتولايت) تتكون من طبقات من الزراقم والطحالب أحادية الخلايا والرسوبيات. وتوجد اليوم مستعمرات مماثلة في برك المياه الضحلة الاستوائية مثل خليج القرش في أستراليا الغربية، بل وربما تضم تلك الأنواع نفسها.



شكل ٤-١: تتكون الرقائق الكلسية الطحلبية (ستروماتولايت) من طبقات من الطحالب أحادية الخلايا والرسوبيات، كما هو مبين في هذا المقطع العرضي لشكل يعود للدهر ما قبل الكمبري.

ومعنى وجود الزراقم والطحالب أحادية الخلايا في الدهر البروتيروزوي أنه — لأول مرة في التاريخ — تحقق التمثيل الضوئي. التمثيل الضوئي هو العملية التي تستغل بها جميع النباتات اليوم الطاقة القادمة من الشمس كوقود لتصنيع السكريات وغيرها من

الكربوهيدرات من الجزيئين البسيطين: ثاني أكسيد الكربون والماء. وتمكَّنت تلك الأشكال «المنتجة الأولية» الشبيهة بالنباتات أو «ذاتية التغذية» من اصطياد طاقة الشمس غير المحدودة واختزانها. وفي نهاية المطاف، قدمت بذلك قاعدة لسلسلة الغذاء، وذلك في أعقاب تطور مجموعة جديدة من الكائنات الحية غيرية التغذية، التي نسميها الحيوانات؛ والتي تطورت بحيث تحصل على طاقتها عن طريق افتراس الكائنات ذاتية التغذية. وبهذا أصبح المشهد جاهزًا لظهور نظم بيئية معقدة تتغذى فيها الكائنات بعضها على بعض.



شكل ٤-٢: حفريات من العصر الكمبري المبكر: (أ) سيركوكوزميا، نوع من الديدان من شينجيانج بالصين و(ب) سانكتاكاريس، من أقارب العنكبوت من بيرجس شيل، بكندا.

هناك جانب مهم من خصائص التمثيل الضوئي، وهو أن النباتات تطلق من خلاله الأكسجين. وهناك سمة رئيسية في معظم الكائنات غيرية التغذية — وجميع الأنواع المختلفة من الحيوانات التي نعرفها اليوم — وهو أنها في حاجة إلى الأكسجين كي تتمكن من تفتيت الجزيئات المعقدة حتى تطلق منها الطاقة التي تحتاج إليها (أي كي

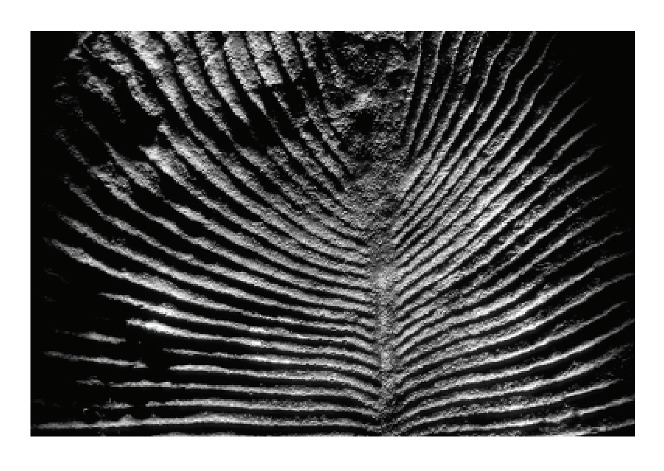
تعكس عملية التمثيل الضوئي). ومن ثم، فإن الأكسجين الذي تخرجه النباتات هو الذي يهب الحياة للحيوانات. وقبل ما بين ٢,٥ و٢ مليار عام، يبدو أنه كانت هناك تركيزات منخفضة نسبيًّا من الأكسجين الحر في الجو. ويشير إلى ذلك تكون ترسبات «الحديد الشرائطي» على مستوى العالم، والذي يتكون من تبادل معادن حديد (ماجنيتايت) مع حجر الشرت (ثاني أكسيد السليكون). وكان من الواضح أن تلك الظاهرة هي محصلة عملية دوارة تتضمَّن الحديد المذاب (المشتق من تجوية الرسوبيات) والبكتيريا المنتجة للأكسجين في المحيطات الأولى.

واتَّحد الحديد مع الأكسجين وترسَّب على هيئة طبقات من الماجنيتيت يبلغ سمكها بضعة ملليمترات، ويقال إن العملية توقفت بسبب نفاد مخزون الأكسجين. ومنذ حوالي مليار عام مضت، يوضِّح انخفاض حادٌّ في ترسيب الحديد الشرائطي أن هناك مستويات أعلى بدرجة واضحة من الأكسجين الجوي قد تراكمت.

ومن المفارقات، أن الأكسجين الذي نعتبره نحن الحيوانات ضروريًّا للحياة، هو في واقع الأمر سم كيميائي ما لم يروض ويُستَغَل. لقد قتلت المستويات العالية الجديدة من الأكسجين الجوي معظم الأنواع الأقدم من البكتيريا والطحالب. وكان هذا مصحوبًا بانفجار جديد للتطور في صورة أنواع مختلفة من الكائنات عديدة الخلايا الأكثر تعقيدًا بكثير والتي تستخدم الأكسجين بأسلوب جديد. حتى ذلك الحين، كانت معظم الحياة على الأرجح مركزة في البحار الضحلة والحواف الساحلية: ولكن في ذلك الوقت تقريبًا بدأنا نجد نوعًا جديدًا من الطحالب الصغيرة وحيدة الخلية تسمى أكريتارش التي كانت تعيش في المحيط المفتوح، وهو ما كان يعني انفتاح منظومة بيئية عالمية رئيسية أخرى، وهذا بدوره أدى إلى المزيد من إنتاج الأكسجين.

تأتي أكثر المعلومات التي تصيبنا بالحيرة بشأن تنوع الحياة في العصر الكمبري المبكر من عدد قليل من المواقع (تسمى لاجرستاتن، أو «القنوات الأم») حيث حُفظت أشكال ذات أجساد رخوة. من بين تلك، يعد أهمها موقع بيرجس شيل الذي يعود للعصر الكمبري الأوسط في بريتيش كولومبيا (اكتشف عام ١٩٠٩)، وموقع شينجيانج الأقدم منه قليلًا (عمره ٥٢٥ مليار عام) ويقع في مقاطعة يونان بالصين (اكتشف عام ١٩٨٤). يوجد عدة أنواع من الطحالب عديدة الخلايا وما لا يقل عن ١٢ مجموعة رئيسية مختلفة من الحيوانات، من بينها شُعَب مألوفة مثل الإسفنجيات، والجوفمعويات (اللاحشويات)، والرخويات، والديدان المقسمة (الديدان)، ومفصليات الأرجل (أقارب

القشريات والحشرات)، وشوكيات الجلد (أقارب نجم البحر وقنفذ البحر)، بل وحتى مجموعة متنوعة من الحبليات (أقاربنا نحن البشر) قابعة في مكان ما بالقرب من قاعدة شجرة الحياة الفقارية. من الصعب قراءة العديد من تلك الحفريات (ومن ثم فإنها مثيرة للجدل)، وبعضها قد أُعطي أسماءً ملائمة مثل أنومالوكاريس وهالوسيجينيا. والأكثر إثارة للاهتمام أن الأمر لم يقتصر على بدء التنوع العظيم في الكائنات الحية التي نعرفها اليوم، وإنما نشأت كذلك العديد من السلالات (بل وربما شُعَب بأكملها)، وازدهرت، ثم انقرضت بعد ذلك في الدهر ما قبل الكمبري والعصر الكمبري. وكانت الفترة ما بين ٦٠٠ و٥٠٠ مليون عام مضت واحدة من أشد الفترات في تجريب سبل جديدة للحياة كحيوان أو كنبات وما قابل ذلك من انتخاب العديد من المجموعات واصطفائه.



شكل ٤-٣: كانت حفريات كارنوديسكاس الإيدياكارية الشبيهة بسعف النخيل من تكوين «ميستيكن بوينت» بنيوفاوندلاند مرشحات و/أو متغذيات على الفتات.

اختار الجيولوجيون الأوائل تثبيت بداية العصر الكمبري عند النقطة التي اكتشفوا فيها أول تفجر ظاهر للحياة على الأرض (بعد أن حُدد الدهر ما قبل الكمبري خطأً باعتباره عصرًا بلا حياة). إلا أن هناك عددًا قليلًا من المواقع التي تربط بين السجل المتناثر الخاص بالدهر البروتيروزوي والدهر الفانروزي الأكثر ثراءً، حيث عثر على سجل

حفري مذهل؛ وهو سجل من الثراء والامتلاء بحيث لا يمكننا أن نعرف ترتيب الأحداث التطورية التي أنتجته إلا عن طريق التخمين. فالحياة الحيوانية الإيدياكارية (وسميت بهذا الاسم تيمنًا بأكثر المواقع أهمية بتلال إيدياكارا بجنوب أستراليا)، ويتراوح عمرها بين حوالي ٥٦٥ إلى ٥٤٠ مليون عام مضت، يصعب جدًّا — بل ومن المثير للجدل — تفسيرها. بعض علماء المتحجرات يعتقدون أنها تشمل طبعات لقناديل بحر ورخويات وديدان ومفصليات أرجل أولية وشوكيات أرجل، وربما إسفنجيات. بينما يعتبرها آخرون نطاقًا من أشكال لا تزال صلات قرابتها غير واضحة، لكنها في الأساس لا تنتمي بصلة قرابة للسلالات المعاصرة. من بين العناصر اللافتة للنظر في الحياة الحيوانية غياب الأنواع المفترسة؛ فجميع حيوانات إيدياكارا تبدو من ساكنات القاع العالقة والتي تتغذى على فتات، وقد هلك معظمها مع بداية العصر الكمبري.

من الواضح أن الهيكل الصلب لم يتطوَّر في أي سلالة تنتمي إلى الدهر البروتيروزوي من الكائنات عديدة الخلايا (وهي جملة مختصرة تعني في عرف علماء علم المتحجرات «لم نعثر على أيٍّ منها بعد»). ويبدو أنه عند نقطة ما قبل ٥٤٥ مليون عام مضت، شجع محفز بيئي على تطور نمو أنسجة صلبة — وكانت عادة معادن تقوم على عنصري الكالسيوم أو السيليكون — وسمح ذلك ببقاء سجل حفري أفضل. وهناك دليل — على الأقل — على حدث بيئي كبير عالمي النطاق وقع في الدهر البروتيروزوي ربما كان ضالعًا في تنشيط عملية تكون الأنسجة الصلبة. إذ في الفترة بين ٧٠٠ و٦٠٠ مليون عام مضت، بدا أنه حدثت نوبة واحدة أو أكثر من نوبات البرودة العالمية. ولم تتمخَّض تلك النوبات فقط عن تكون المساحات الجليدية الهائلة، وإنما ربما أيضًا عن تجميد كامل للأعماق لدرجة أنه حتى البحار التي عند خط الاستواء كستها الثلوج. وفي ظروف مثل تلك، لم يكن ممكنًا للحياة أن تستمر إلا في أماكن مثل الينابيع الحارة وفوهات البراكين التي في أعماق البحار. وسواء امتدت تلك البرودة لتحول الأرض بأسرها إلى «كرة من الثلج» مثلما يفترض البعض، أم أنها كانت مجرد «كرة من الجليد الهش»، فلا بد وأن تأثير ذلك على الحياتين الحيوانية والنباتية وهما لا تزالان في مهدهما كان كبيرًا. ولعل الدفء الذي أعقب التجمد كان مدفوعًا بارتفاعات في تكتونيات الصفائح؛ مما أحدث زلازل وبراكين أطلقت كميات هائلة من غازات الاحتباس الحراري. وقد أدى ذلك إلى تجوية كاملة للصخور مما أطلق كمية هائلة من كربونات الكالسيوم والفوسفات إلى المحيطات؛ وهو الكالسيوم الذي تكونت منه الهياكل العظمية.

الفصل الخامس

مخالفة الاحتمالات

وجدتُ أولى حفرياتي وأنا طالب في الدراسات العليا، لكنني كنت أبحث عنها قبل ذلك بوقت طويل. خلال طفولتي، كنا ندفئ منزلنا المعرض لتيارات الهواء الشديدة مستخدمين في ذلك الفحم؛ وكنت أعلم أن الناس يعثرون على الحفريات داخل الفحم، وهكذا اعتدت الذهاب إلى مخزن الفحم وأظل أطرق على الفحم باستخدام مطرقة ضخمة كنت أحتفظ بها هناك، آملًا في العثور على سعفة جميلة تنتمي لنبات سرخسي أو سن لحيوان برمائي مثلًا. (وكانت عائلتي تتسامح مع اكتساء ملابسي بغبار الفحم لأنه كان لا بد من أن يقوم أحد بتكسير الكتل الضخمة من الفحم على أية حال.) إلا أنه أينما عثر الناس على حفريات من العصر الكربوني، لم يكن هذا في الأماكن التي يأتي منها موردنا من الوقود. ومع ذلك ظللت أهشِّم الفحم بحثًا عنها، مدفوعًا بإغراء العثور على كنز مدفون. ولم أتبيَّن إلا بعد ذلك أن أفضل الحفريات توجد داخل طبقات من الطفل الصفحي تقع بين طبقات الفحم وأنه — على أية حال — كان عليَّ أن أشطر العديد من الأطنان من الصخر حتى أعثر ولو على حفرية كبيرة واحدة يمكن تمييزها. وحتى في طبقات الفحم — حيث يعد الفحم في حد ذاته مادة نباتية حفرية (وهذا أمر لا يدركه كثيرون) — فليس لديك أي فرصة.

هناك وأنت في الميدان، تلك اللحظة الساحرة التي تقع فيها عيناك لأول مرة على موضع حفرية ما. في الأحوال العادية، تكون ظللت تبحث لأيام دون أن يحالفك الحظ، ثم بعدها تنظر أسفل قدميك فتشاهد جزءًا من صدفة أو عظمة يلمع داخل الأرض وقد انكشف جزء منها. ربما تقودك سلسلة من الشظايا انزلقت من منحدر صخري إلى حيث يقبع الجزء الرئيسي من الحفرية. والآن صار عليك إخراجها. وبدون أن تخاطر بإحداث أي تلف فيها، فإنك تحفر بحرص من حولها مستخدمًا إزميلًا أو سكينًا حادة.

وبالتدريج، تعثُر على حدود ذلك الشيء؛ فهل هو مجرد جزء مكسور، أم أن الحفرية بأكملها تقبع هناك داخل الصخرة؟ ولحظة تلو أخرى، وفي بعض الأحيان ساعة وراء أخرى، بل وأحيانا يومًا بعد يوم في حالة الحفريات الضخمة، تبدأ الحفرية في الكشف عن نفسها. وفي أغلب الأحوال لا تكون شيئًا مميزًا، لكنها في بعض الأحيان تكون جمجمة، أو أمونيت حلزونية متحجِّرة رائعة المنظر، أو عظمة لأحد الأطراف، أو مجموعة من أصداف الرخويات، أو سن سمكة قرش، أو ورقة نبات عتيق. وبمجرد كشفها، فإنها ربما تكون في حاجة إلى مُثبِّت؛ وهو نوع من الطلاء تمكن إزالته بسهولة في المعمل. ويمكن وضع جسم صغير مثل حيوان ثلاثي الفصوص أو سن قرش في كيس بلاستيكي، وتغليفه بمنديل ورقي لحمايته؛ وفي هذه الحالة يكون توفر لفافة من ورق الحمام ذا قيمة هائلة. أما إذا كانت الحفرية ذات حجم لا بأس به، فأفضل شيء صُنع سترة واقية لها من أشرطة من القماش تم نقعها في جبيرة جبسية، تمامًا مثل الجبيرة القديمة التي كانت تستخدم لتجبير السيقان المكسورة. في بادئ الأمر، تجري تغطية القمة ثم تأتي النقطة التي يتعيَّن عندها قلب الحفرية رأسًا على عقب، فتقوم بإدخال سكين من أسفلها … ثم ترفعها برفق، وبهذا تخرج دون أن تتفتَّت. وأخيرًا صارت بين يديك، وجاهزة لإعادتها للمعمل، مميزة بعلامة تحدد رقمها بطريقة منمقة، ثم تدرج في الكتاب الميداني. وبعدها، تبحث في طمع عن المزيد.

ما من سبيل إلى معرفة عدد الحفريات التي تم جمعها على مدى السنوات الماضية. ولا يزال ما بقي من حفريات بين الصخور عصيًّا على العدِّ، وهذه الحفريات في حد ذاتها تمثِّل فقط حفنة بالغة الضآلة من تنوع أشكال الحياة التي عاشت على سطح كوكب الأرض. فكل حفرية تمثِّل جزءًا صغيرًا من كائن كان حيًّا ذات يوم، وعادةً ما تكون من الأجزاء التي كانت صلدة وعصية على التحلل. وبرغم أن الاهتمام الشعبي عادةً ما يكون منصبًّا على عظام الحفريات من حيوانات فقارية مثل الديناصورات والبشر، فإن أكثر أنواع الحفريات شيوعًا هي بقايا هياكل اللافقاريات البحرية والأصداف الكلسية أو تلك من السيليكات للبلانكتون المجهري.

ما الحفرية؟

إن أفضل السبل لمعرفة ماهية الحفريات هي فحص الطريقة التي «تكونت» بها، ولقد صارت تلك الدراسة فرعًا رئيسيًّا من فروع علم المتحجرات.

إن احتمالات حفظ أي كائن في صورة حفرية بعيدة: عدة ملايين إلى واحد. فبمجرد موت أي كائن، ينتهي صراعه المديد — الذي تحركه قوى الشمس — مع عوامل الإنتروبيا، وتبدأ عملية التحلل. فلا توجد سوى فرصة ضعيفة للغاية لدى الكائن كي يعيش في الأرض أو تحت سطح الماء قبل أن تأتي الحيوانات القَمَّامَة كبيرها وصغيرها وتلتهمه أو تقتات عليه البكتيريا والفطريات التي لا ترحم. وفي الطبيعة، هناك من العمليات التي تعمل على التخلص من الكائنات الميتة من البيئة ما يفوق كثيرًا أعداد العمليات التي تعمل على الحفاظ عليها؛ وإجمالًا هذا أمر جيد. فعلى سبيل المثال، هناك حوالي ٧٠٠ ألف يحمور (نوع من الأيائل) تعيش في بريطانيا، إذا كان عمر الواحد منها يمتد إلى خمسة عشر عامًا، فمعنى ذلك أن هناك في المتوسط ما يقرب من ٥٠ ألف أيل منها تنفق سنويًّا. ولو لم يكن هذا هو الحال، لصار هناك وباء متفشٍّ من الأيائل الحية، ولكن لو لم تكن الجيف تتحلل سريعًا، لكنا دُفنَّا سريعًا تحت أكوام من الأيائل الميتة.

وحتى تتكون الحفرية، فإن أي شيء ينجو من الكائن من عمليات التحلل المبكرة عليه عندئذ أن يدخل ضمن طبقة رسوبية تتحول في نهاية المطاف إلى صخرة. وفي الوقت نفسه، سوف تتعرَّض البقايا لتغيرات كيميائية وفيزيائية (عملية التصلد) والتي ستحولها هي الأخرى إلى صخور. والأجزاء الأقرب إلى أن تُحفظ كحفرية من أي كائن هي الأجزاء الصلبة بالطبع؛ أي الأصداف المتحجِّرة للافقاريات مثل الأمونيتات والرخويات، وأجسام الشعاب المرجانية والإسفنج، وعظام وأسنان الهياكل العظمية للفقاريات، والهياكل الخارجية المصنوعة من الكيتين لمفصليات الأرجل مثل ثلاثيات الفصوص والقشريات والحشرات، والأنسجة الخشبية للنباتات. وفي أحيان كثيرة تُحفظ جذوع الأشجار. غير أن الكائنات لينة الأجسام مثل الديدان وقنديل البحر يكون احتمال حفظها في صورة حفريات أقل كثيرًا. ومن الناحية العددية، فإنه من المؤكد أن تكون أكثر الحفريات انتشارًا هي الأصداف مجهرية الحجم لكائنات البلانكتون البحرية والأبواغ صلبة الجدران وحبوب لقاح النباتات.

ولا يحفظ على هيئة حفرية من النسيج اللين الأصلي لأي كائن إلا أقل القليل. فعلى سبيل المثال، لأسماك القرش أسنان ممعدنة شديدة الصلابة، ويشيع العثور على حفريات من أسنان أسماك القرش، إلا أنه يندُر العثور على بقايا الأجزاء الأخرى من أجسادها. غير أنه في ظل ظروف معينة، من الجائز أن تُحفظ مجتمعات كاملة من أشكال الحياة ذات الأجساد اللينة على هيئة حفريات. وحدث ذلك في حالة منطقتي شينجيانج ولاجرستاتن

بيرجس شيل اللتين ترجعان إلى العصر الكمبري. آثار المسير التي تحدثها الحيوانات التي زحفت أو حفرت جحورًا في الطمي بالغ القدم تظهر كثيرًا على نحو مدهش. وفي الأصداف حديثة العهد نسبيًّا، نجد الألوان في بعض الأحيان وقد حُفِظت؛ في بعض الأحيان تبقى عناصر الكيمياء الحيوية الأصلية على هيئة أحماض أمينية، بل إن بعض القطاعات من الحمض النووي دي إن إيه يتم العثور عليها في حفريات الكائنات حديثة السن. غير أنه برغم الخرافات التي تشيع بين الناس، فإنه ليس من الممكن إعادة خلق مخلوقات اندثرت من الوجود باستخدام الهندسة الوراثية لجينات الحفريات.

تعد البيئة كذلك أمرًا شديد الأهمية في هذا الصدد: فعملية تحول كائن ما بعد نفوقه إلى حفرية من عدمه أمر يعتمد على كلٍّ من طبيعة الكائن الأصلي كما أنه يعتمد جزئيًّا على الظروف والبيئة التي أحاطت به أثناء حياته وبعد مماته. فالكائنات اللاطئة (كالمرجانيات والرخويات) أقرب إلى أن تحفظ من الكائنات التي تسبح بحرية في ذات المجتمع (الأسماك، والرأسقدميات، والقشريات). والكائنات التي تحيا في بيئات «عالية الطاقة»، مثل جداول المياه المندفعة من فوق الجبال، أو حيثما يكون هناك نشاط موجي هادر، أقرب للتعرض للتدمير بدنيًّا بعد وفاتها من تلك التي تعيش في قاع البحر. الحيوانات والنباتات التي تموت في بيئات مكتظة بالأشجار تقع وسط مهاد ثرية بأوراق الشجر المليئة بالكائنات التي تقتات على تحليل المادة العضوية، ومن المحتمل أن تتحول إلى سماد سريعًا. وداخل التربة، لا يقتصر الأمر على حدوث تحلل حيوي للأنسجة فحسب، وإنما تقوم العديد من كائنات التربة بحفر جحور في جميع أنحاء الكائن النافق فتتسبَّب في اضطراب في كل شيء وتفكك الأنسجة الرخوة. إن الكائنات التي تحيا في كل تلك البيئات يكون احتمال تعرضها للطمر بطبقات من الرسوبيات أقل كثيرًا من تلك التي تنفق داخل دلتا الأنهار أو البحيرات الضحلة أو بالقرب منها. وكذلك الحشرات وغيرها من المخلوقات الأرضية الهشة أقل احتمالًا أن تُحفظ من المحار والفقاريات وفيرة العظام. أما الحيوانات من أمثال الديدان وقنديل البحر والنباتات من أمثال الطحالب والأشنة التي تفتقر إلى أي نوع من الهياكل الصلبة (معادن أو بروتينات أو خشب) فسوف تتحلل أسرع من الجميع. ويطلق على دراسة كل تلك العمليات والظروف في عملية تكوين الحفريات «علم تحلل الكائنات».

قبل الدفن

من الأرض وإلى الأرض: من اللحظة التي يلقى فيها الكائن حتفه، يبدأ سباق محموم بين عمليات التفسخ والتحلل وبين تلك العمليات التي تميل للحفاظ على ما يتبقَّى من الكائن. بادئ ذي بدء، يجب على البقايا أن تنجو من تلك الوقائع السابقة على الدفن والتي تختزل بقايا معظم الكائنات حتى تقترب من التلاشي في بضعة أسابيع فحسب. قد تقتات الحيوانات القَمَّامة على الجيفة، وربما تضع الحشرات بيضها هناك، وتفقس اليرقات وتتغذى على الجيفة المتعفنة. معظم عملية التحلل تتسبَّب فيها البكتيريا، سواء القادمة من داخل الجيفة أو من خارجها. فإذا ظلت البقايا في بيئة رطبة أو جُرفت إلى مسطح مائي — وبالطبع هناك العديد من الكائنات تعيش وتموت في الماء أصلًا — فإن الفطريات الرُّميَّة (المدمرة للأنسجة) ستكون أيضًا سببًا رئيسيًّا في التحلل. والكائنات التي تسقط داخل تربة أرضية، وهي بيئة غنية أصلًا بالمادة العضوية المتحللة أو المساعدة على التحلل ومكتظة بالكائنات التي تزدهر أحوالها فيها، تكون هي الأكثر تعرضًا للتحلل (من سماد وإلى سماد).

ويساعد الدفء على تحلل الأنسجة. وقد تنفصل القطع المختلفة من الجيفة بعضها عن بعض حيث يعمل التحلل على تفكيك المفاصل. وربما تقوم الحيوانات القَمَّامة بتمزيق الجيفة إربًا وتحمل أجزاءها بعيدًا، ثم تأتي تيارات الماء فتوزع القطع بطرق مختلفة على امتداد التيار أو الساحل، وتصل الأجزاء الصغرى لمسافات أبعد. أما أوراق النباتات وحبوب اللقاح — والتي قد تكون بخلاف ذلك مؤشرات قوية على ظروف بيئية معينة — فإنها تتوزع على مسافات شاسعة بفعل الرياح؛ مما يجعل مهمة عالم المتحجرات البيئية صعبة بصورة خاصة.

قد تسجل بعض الحفريات بالفعل عناصر من تلك العمليات السابقة على الدفن. علامات أسنان الحيوانات المفترسة والحيوانات القَمَّامة تظل في بعض الأحيان محفورة على العظام والأصداف. وغالبًا ما تُحفظ الأسماك وقد انفجرت تجويفاتها البطنية نتيجة للغازات التي تنتجها البكتيريا. وربما يشير فرز و/أو توجه الحفريات على مستوى القاع إلى اتجاه التيار وقوته.

العوامل المختلفة التي تسبق الدفن قد تمنع أو تؤخر كل هذا التحلل والدمار والذوبان. وبصفة عامة، أفضل فرصة لدينا لاستعادة معلومات عن المجتمع الطبيعي في الحياة ربما تأتي من خلال جانب مخالف قطعًا للطبيعة من جوانب الوفاة. ربما تموت

الكائنات في ظروف سامة للحيوانات القمَّامة والبكتيريا. وأبسط حالة من تلك الحالات ربما تكون عملية التحنيط التي تتم عن طريق التجفيف الهوائي السريع. فالحشرة التي تقع أسيرة في كتلة صغيرة من المادة الصمغية — التي تتحول إلى كهرمان — لأحد النباتات تصبح مخللة بالأساس. أما مستنقعات الخُث — حيث تكون هناك مستويات مرتفعة من أحماض الهيوميك والتانيك التي تعطل عمل البكتيريا أو تحول دونه — فتميل إلى حفظ الجيفة حفظًا جيدًا للغاية، وهي في الأساس مصدر تكوينات الفحم. هناك حالات لبشر حُفِظوا بصورة رائعة في مستنقعات خث حديثة. وكلما كان تطبيق تلك العوامل مبكرًا ولمدة أطول، زادت احتمالات حفظ الكائن الحي سليمًا، وفي العديد من مناطق الحفريات لا تزال هناك عينات فردية محفوظة في مكانها الأصلي.

من بين أبرز الأمثلة على مثل تلك الظروف الخاصة ينابيع النفط العتيقة المحفوظة في تجاويف القطران في رانشو لا بريا بجنوبي كاليفورنيا. اعتبارًا من ما يقرب من ٤٠ ألف عام مضت، تسربت برك من القطران نحو سطح الأرض، وكلما تغطت تلك التسريبات ببرك من مياه الأمطار صارت جذابة بالنسبة للحيوانات الجوالة مثل الخيول البرية (ولم تكن قد انقرضت بعد من أمريكا الشمالية) والجمال والماموث والماستودون. وعندما كانت تلك الحيوانات تعلق بالقطران، كانت تجذب الحيوانات المفترسة مثل السنوريات ذات الأسنان السيفية والأسود الأمريكية، فكانت تلك الضواري تقع هي الأخرى في الشرك. كذلك كانت هناك طيور مثل النسور والكندور والعقاب تحاول الاقتيات على تلك الجيف، فتقع هي الأخرى في الفخ؛ كذلك دخلت مواد نباتية إلى تلك المصيدة. وبالإجمال، حُفِظ في هذا القطران أكثر من ٦٦٠ نوعًا من الكائنات الحية؛ بل إنه يوجد حتى حفرية بشرية، وهي لأنثى يعود تاريخها إلى ٩ آلاف سنة مضت. إن خليط الأنواع، مع كونه منحازًا بشدة نحو الحيوانات المفترسة والحيوانات القَمَّامة التي حاولت الوصول إلى الجيف الواقعة في الشرك والاقتيات عليها، لا يعدُّ دلالة على المجتمع الأصلي. غير أن عملية حفظ الكائنات الواقعة في الشرك كانت مميزة بالفعل.

الدفن وعملية التصلد

تلعب البكتيريا الهوائية دورًا رئيسيًّا في تحلل البقايا العضوية أثناء تواجدها في التربة المكشوفة أو المياه الغنية بالأكسجين. وقد أوليت اهتمامًا كبيرًا في الماضي لفكرة أن البقايا تكون فرصتها أكبر في الحفظ إذا انتقلت سريعًا نحو بيئة ساكنة خالية من الأكسجين

(لا أكسجينية). وتخلو التربة والمياه اللاأكسجينية من الحيوانات القمَّامة التي تُرى بالعين المجردة؛ كما أنه في الوحل اللاأكسجيني لا توجد ديدان حفارة ولا غيرها من المخلوقات التي تصنع اضطرابًا بالطبقة الرسوبية (اضطرابًا حيويًّا) أو توصل إليها الأكسجين. هذا هو الموقف — موسميًّا على الأقل — عند قاع البحيرات والأهوار البحرية عالية الإنتاجية، حيث تكون هناك وفرة زائدة من المادة العضوية والتي تستنفد عملية تحللها كمية الأكسجين الموجودة في مياه القاع. إلا أنه يبدو من المرجح أن البيئة المحيطة مباشرة بمعظم الكائنات التي تتعرض للتحلل داخل رسوبيات رطبة تكون لا أكسجينية في معظمها أو بالكلية على أية حال، ويرجع هذا ببساطة إلى أن البكتيريا الهوائية التي تقطن الجوار المباشر لبقايا الكائنات الحية تستهلك معظم أكسجين المنطقة.

أيًّا كانت الظروف التي يموت فيها الكائن الحي، فإن جثته سوف تضيع لا محالة ما لم تندمج في السياق الرسوبي الملائم. ومن بين تلك الظروف الرمال التي تحملها المياه والأوحال والطمي وشلالات الرماد. وأكثر أنواع الحفريات انتشارًا على الإطلاق تلك التي سقطت إلى (أو كانت تعيش في) قاع البحر، وصارت مكسوة بطبقة رسوبية انجرفت فوقها أو هطلت عليها من أعلى. وتوضح ترسبات بحيرات المياه العذبة — مثل أكاناراس فيش بيد الذي ينتمي للعصر الديفوني الأوسط باسكتلندا، أو ترسبات الخليج الإسكوميني المنتمي للعصر الديفوني المتأخر في كيبك، أو تكوين جرين ريفر الذي ينتمي للعصر الإيوسيني بولاية وايومنج، حيث تم العثور على الكثير والكثير من الحفريات الرائعة — توضح في الغالب سلسلة من الطبقات السنوية (طبقات حولية)، بالتبادل مع طبقة غنية بالمواد العضوية غاصت إلى القاع وتحللت نتيجة عمليات النفوق التي تقع بين فصلي الخريف/الشتاء، وتراكم الرسوبيات خلال فترات جفاف المياه في الربيع من الأراضي المحيطة بالمنطقة.

هناك حالة أخرى مفضلة لدى الكثير من علماء المتحجرات ألا وهي التعرج على شكل حرف U في الأنهار التي ينقطع جريانها فتصير راكدة. إن الحرمان من الأكسجين يقتل جميع الكائنات بداخلها؛ فتغوص تلك الكائنات داخل الطمي الموجود بالقاع إلى أن يحين موعد فَيَضَان النهر من جديد فيرسب حملًا من الطمي الناعم فوقها جميعًا. وتبين ترسبات الفيضان الذي يغمر الضفاف في سهول الأنهار النتيجة نفسها. وفي البحر، قد يحفظ مجتمع حي بأكمله — كالشعاب المرجانية على سبيل المثال — في موضعه بفعل موجة مد أو هبوط لقاع البحر يطمره داخل طبقة رسوبية. وفي ظروف كارثية أخرى،

ربما تعمل الحرارة والرماد الآتيان من انفجار بركاني على غمر أنظمة بيئية كاملة، سواءٌ أكانت تعيش على اليابسة أم في المسطحات المائية.

ومعظم الحفريات لا يتم العثور عليها فرادى، وإنما في مجموعات، غير أنه ينبغي توخي الحذر عند تفسير مثل تلك التجمعات؛ فإنها قد تمثل مجتمع حياة أو — وهو الأرجح — أنها ببساطة تراكمت بعد وفاتها في الموضع الذي حُفِظت فيه. في حالة بيرجس شيل، فإن الكائنات على ما يبدو نفقت في بيئة ما ثم انجرفت سريعًا إلى بيئة أخرى. إن أحجار سولنهوفن الجيرية الشهيرة الموجودة في بافاريا وتعود للعصر الجوراسي المتأخر قد تشكَّلت داخل سلسلة من الأهوار البحرية الضحلة شديدة الملوحة، والتي لم يكن بها سوى قدر ضئيل من الحياة اقتصر على الزراقم والمنخربات البلانكتونية. وكان القاع عبارة عن غرين رقيق من الطمي الغني بالكربونات. وكما هو الحال في رانشو لا بريا، فإن الحفريات المحفوظة في سولنهوفن كلها من أشكال من الحياة عاشت في موضع آخر ثم طارت إلى هذا المكان (مثل الأركيوبتركس والتيراصورات)، أو انجرفت إليه. وبمجرد أن حطت الرحال داخل الهور، سرعان ما ماتت ثم هوت نحو القاع فكساها الوحل، ولم تكن هناك أنواع حيوانية من التي تحفر الجحور ولا تيارات مائية كي تزعج الجيفة. فكانت المحصلة تكوُّن حجر جيري بلغ من دقة حبيباته أنه استخدم في صنع ألواح تستخدم في الطباعة الحجرية، كما حُفظَت الحفريات بداخله بصورة رائعة.

يمكن لعملية الدفن أن تقطع الطريق على المراحل السابقة للدفن؛ وهي التحلل والذوبان، وتحول دون المزيد من تمزق بقايا الكائن الحي وانتقالها لموضع آخر. إلا أن البقايا من الجائز أن تظل عرضة للاضطرابات التي تسببها الكائنات التي تحفر الجحور كما سيستمر التحلل البكتيري. ولكن الآن صار من الممكن بصورة أكبر توقع بدء المراحل الأولى من عملية التحول إلى حفريات. وفي ظل ظروف الدفن تلك، يبدأ نظام جديد من التغيرات الكيميائية لكلٍّ من الجثة والرسوبيات المحيطة بها.

البيئة وحفظ الكائنات

كذلك لا يبدو متوافقًا مع المنطق أن جزءًا من جسم حيوان ما يمكنه مقاومة آثار مرور العديد والعديد من السنوات؛ إذ إننا نرى أنه في أغلب الأحوال في نطاق مساحة زمنية لا تتجاوز بضع سنوات تتعرض نفس تلك الأجسام للدمار الشامل. غير أن هذا الاعتراض من الممكن بسهولة الرد عليه بالقول إن الأمر برمته يتوقف على نوع التربة: إذ إنني شاهدت مهادًا من «الطمي» أذابت

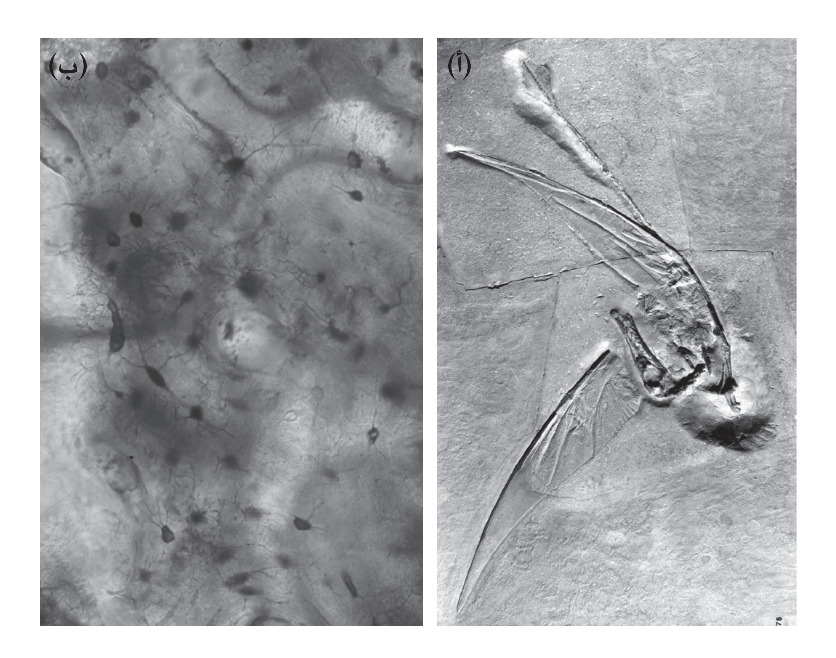
— نظرًا لرقتها ونعومة عصارتها — جميع الأجساد التي احتوتها بداخلها؛ غير أنني شاهدت أيضًا مهادًا «رملية» حفظت جميع الأجزاء المطمورة فيها.

ستينو، «بحث تمهيدي لأطروحة حول احتواء
جسم صلب داخل جسم صلب آخر في الطبيعة»
(١٦٦٩؛ ترجمه إلى الإنجليزية: هانز أولدنبرج، ١٦٧١)

الكيمياء

أيًّا كانت أجزاء الكائن الأصلي التي بقيت كل تلك المدة — والتي ربما تشمل بعض الأنسجة العضوية، التي تتكون على الأرجح من بعض قطع هيكل معدني مقاوم للتآكل — فإن تغليف تلك البقايا المتحللة داخل الرسوبيات الرطبة يخلق بيئة كيميائية مجهرية ثلاثية الأبعاد. وهنا ينشأ حساء كيميائي موضعي ذو ظروف خاصة من الحموضة أو القلوية، ومركب ديناميكي من المواد الكيميائية التي يخرج بعضها نتاج تحلل البقايا إلى الطبقة الرسوبية، ويأتي البعض الآخر قادمًا من المياه والرسوبيات المحيطة. في أغلب الحالات، يأتي المحرك الكيميائي لهذه التغيرات من تحلل المادة العضوية المتبقية داخل الجيف (أكسدة الفوسفات والنترات، ثم بعد ذلك اختزال الكبريت). من الجائز أن يكون من العوامل الخاصة في عملية الحفظ وجود حصائر أو طبقات رقيقة من الكائنات المجهرية الدقيقة كالبكتيريا تكسو سطح الجيف. وتوفر تلك الأغطية بيئة عضوية تساعد على التمعدن وتنشِّط التركيز الموضعي للفوسفات والكربونات. وفي المواضع التي يحدث فيها ذلك، قد يكون مستوى التفاصيل المحفوظة في الحفرية مرتفعًا.

لما كانت العمليات الكيميائية للتصلُّد تجري داخل محلول مائي (الماء الذي تحتوي عليه الفراغات المسامية التي بالطبقة الرسوبية)، فإن جزءًا كبيرًا من العملية يعتمد على القابلية النسبية للذوبان للمواد التي تدخل في تلك العملية. فالعديد من المواد — ومنها على سبيل المثال، مينا الأسنان — تقاوم بشدة الذوبان في الماء. أما الأملاح المعدنية في العظام فإنها قابلة بنسبة طفيفة للغاية للذوبان في الماء، وأكثر قابلية للذوبان في الماء المالح. وما إذا كانت الأملاح المعدنية ستذوب في المياه المحيطة أم لا، فإن هذا سيعتمد أيضًا على مقدار الأملاح المعدنية التي تحتويها الحفريات بالفعل. في حالة معظم المواد الكيميائية، يكون المقدار الذي سيذوب في مقدار معلوم من الماء محدودًا، ويقال: إن



شكل ٥-١: عملية الحفظ: (أ) هذه العينة للرامفورينكوس — وهو زاحف طائر عُثِر عليه في سولنهوفن — تحتفظ بتخطيط الغشاء الرقيق لجناح الطائر. (ب) تحت المجهر يوضح هذا المقطع العرضي لقشرة سمكة من العصر البرمي (إكتوستيوراكيس نيتيوس) من تكساس، آثار وعاء دموي محفوظ وفراغات خلايا العظم، وتلك الأخيرة مملوءة بمعدن أسود غني بالحديد.

المحلول «مشبع» عند تجاوز نقطة معينة. الكثير من مياه المسام تكون مشبعة بالفعل بالفوسفات والكربونات، وهذا من شأنه أن يؤخر عملية ذوبان الأملاح من الجيف في الماء أو يحول دونها. (من الجائز في ظل ظروف معينة أن يكون المحلول في حالة غير مستقرة من «التشبع الزائد»، ثم تتسبب عوامل تحفيز متنوعة في ترسيب المادة الذائبة خارجه من جديد. وفي تلك الحالة، تضاف أملاح معدنية إلى الحفرية بدلًا من أن تُنزع منها.)

وتتكون هياكل العديد من اللافقاريات من كربونات الكالسيوم؛ والطباشير والحجر الجيري مكونان من كربونات الكالسيوم أيضًا. وفي الهياكل الحية، يوجد هذا المركب

في صورتين هيكليتين مختلفتين: «الأراجونايت» في حالة معظم الرخويات وبعض الشعاب المرجانية والإسفنجيات؛ و«الكالسايت» لدى معظم عضديات الأرجل، وبعض الإسفنجيات، والمنخربات، والصدفيات وشوكيات الجلد، وبعض مفصليات الأرجل؛ ولدى العديد من المجموعات تركيب مختلط. نادرًا ما يُحفظ الأراجونايت سليمًا، حيث إنه مركب غير مستقر وعادةً ما يحل الكالسايت محله سريعًا. في عملية التحول إلى حفرية لشيء مثل صدفة الأمونايت، يحدث من جديد أمر أشبه بسباق بين ذوبان الأراجونايت وترسيب الكالسايت.

إذا بدأت عملية الذوبان تمامًا قبل أن يُستبدل المعدن، من الجائز أن تترك الحفرية في صورة قالب طبيعي أجوف داخل الطبقة الرسوبية؛ ولعل هذا الأمر يتطلب معاونة غطاء كاسٍ من الكائنات المجهرية. أما إذا سارت عملية إحلال الكالسايت محل الأراجونايت بصورة مطردة في موقع الحفرية، فمن الجائز أن يُحفظ التركيب المجهري الداخلي للصدفة. وفي بعض الأحيان، يحفظ الأراجونايت الأصلي ثم قد يعثر المرء على الألوان الأصلية للأمونايت المتحجرة التي تعود للعصر الطباشيري. وربما يحل الدولومايت (كربونات المغنسيوم)، أو البايرايت (كبريتيد الحديد) أو السيليكا — في صورة أوبال أو عقيق أبيض — محلَّ كلٍّ من الأراجونايت والكالسايت بصورة كلية أو جزئية.

في الأحوال العادية، تكون هياكل الفقاريات مصنوعة من فوسفات الكالسيوم (هيدروكسي-أباتايت) لا من كربونات الكالسيوم. العظام مادة مركبة تترسب المعادن بداخلها فوق هيكل بروتيني من الكولاجين، وعادةً ما تكون مليئة بالخلايا والأوعية الدموية. في عملية التحول إلى حفرية، ومع بدء عملية التحلل، قد يحل الكالسايت محل الأباتايت. وعادةً ما يفقد الهيكل المجهري للكولاجين وتمتلئ الفراغات المتخلفة عنه بكربونات كالسيوم أعيد تبلورها من مياه المسام. وعادةً ما يلتقط هذا توقيع العناصر الزهيدة مثل الكادميوم والكروم، وعناصر الأرض النادرة مثل الثوريوم واليورانيوم من مياه المسام. وقد تبيَّن أن تلك الحقيقة مفيدة للغاية؛ لأن تلك العناصر الزهيدة من الممكن أن تكشف عن المصدر الذي جاءت منه الحفرية. فعلى سبيل المثال، عادة ما تكون حفريات الأسماك التي عُثِر عليها في مجموعة صخور نيوارك التي تعود للعصر الترياسي المتأخر الموجودة في شرقي أمريكا الشمالية نشطة إشعاعيًّا بسبب احتوائها على مادة اليورانيوم. وفي بعض الأحيان تحل السيليكا (الأوبال) محل أباتايت العظام؛ بل إنه يوجد هيكل كامل لحيوان بليزوصور من أستراليا مكون بالكامل من الأوبال.

عادةً ما تكون هياكل السيليكا لبعض الإسفنجيات، والدياتومات، والراديولاريا في صورة (أوبال-إيه) الذي يذوب في مياه المسام القلوية (منتجًا محلولًا مشبعًا من الأوبال-سي تي المتبلور المجهري) ثم بعد ذلك يعاد تبلوره في صورة كوارتز. إلا أنه قبل أن يصير هذا الأمر ممكن الحدوث، قد يذوب الهيكل الأصلي المصنوع من السيليكا تمامًا أو يحل محله الكالسايت، أو في حالة وجوده في رسوبيات غنية بالمادة العضوية، يحل محله مركب فوسفات الكالسيوم.

في عملية التمعدن، تنفذ المعادن الذائبة في مياه المسام بالطبقة الرسوبية إلى جميع الفراغات المسامية المتبقية داخل الأنسجة مثل الخشب وعظام الفقاريات وتترسب بداخلها. وتفتقر أصداف اللافقاريات إلى مثل تلك الفراغات. المادة النباتية هي الأكثر تعرضًا للتحول إلى سيليكا من النسيج الحيواني، لدرجة أن هناك أشجارًا متحجرة بأكملها. في حالات خاصة مثل الترسبات الحفرية المعروفة باسم رايني تشيرت التي عثر عليها في اسكتلندا وتعود للعصر الديفوني المبكر، كانت بيئة من برك المياه العذبة الضحلة تحاط على فترات دورية بمياه آتية من ينابيع حارة مشبعة بالسيليكا. وهنا، اختصر زمن التحلل العضوي وسمحت عملية التحول السريع إلى السيليكون بحفظ الأنسجة الرخوة. وهناك أنواع أخرى من التمعدن تتضمَّن تكونًا للبايرايت وأنواع مختلفة من مركبات الفوسفات. وكلما بدأت عملية التمعدن أسرع، كانت فرص حفظ تفاصيل الأنسجة الرخوة أفضل.

ربما كان أوضح مثال على النشاط الكيميائي داخل البيئة المصغرة المحيطة بالبقايا المطمورة هو تكون ما يعرف بالعقيدات. وهنا، تتكون عُقَيدة من الكربونات داخل الطبقة الرسوبية المحيطة، وذلك حول نواة من مادة عضوية، فيما يشبه نمو لؤلؤة حول حبة رمال داخل محارة. إن شكل العُقَيدة وتفاصيل تكوينها يعتمد اعتمادًا كبيرًا على موقع الجيفة بالنسبة لمنطقة الترسيب الجديدة وعلى عوامل أخرى مثل إنتاج الميثان أثناء تحلل المواد العضوية. ويتم العثور على متحجرات في مواقع عديدة في جميع أنحاء العالم. وفي أغلب الحالات، لم تكن النواة سوى شذرة من مادة عضوية، غير أنه في بعض الحالات يتبيَّن أن المتحجرة تحتوي على حفرية متميزة. من بين أشهر الأماكن التي توجد بها العُقيدات موقع جوجو فورميشن الذي ينتمي إلى العصر الديفوني بغربي أستراليا؛ وموقع مازون كريك البنسلفاني (الذي يرجع للعصر الكربوني المتأخر) في ولاية إلينوي؛ وقيعان العقيدات المنتمية للعصر الترياسي بمدغشقر؛ وموقع سانتانا فورميشن الذي

يرجع للعصر الطباشيري بالبرازيل؛ وموقع فوكس هيلساندستون بداكوتا الشمالية؛ وفي تكوين لندن كلاي فورميشن الذي ينتمي للعصر الإيوسيني. عند تكون العُقَيدة، يُعتقد أن اختزال المادة العضوية للنواة يؤدي إلى تشبع فائق موضعي للمياه المسامية بالكربونات. وبعدها يعاد ترسب تلك الكربونات حول المحيط الخارجي للعُقَيدة النامية (في صورة معادن السايدرايت أو الأنكيرايت).



شكل ٥-٢: أمونايت لايتوسيراس التي تنتمي إلى العصر الجوراسي، وقد قُطعَت كي تبين تركيبها الداخلي؛ امتلأت حجرات الهواء الأصلية بالكالسايت، والبعض منها ذاب فيما بعد وتحلل.

برغم حدوث تحلل عام للمواد العضوية في الحفريات الآخذة في التكون، فإنه يحدث في حالات خاصة أن ينقطع مسار ذلك التحلل بحيث — مثلما هو الحال عند تكون الخُث والفحم والنفط — يجري حفظ قدر كبير من المادة العضوية. ينشأ الفحم عن

طريق تحلل غير مكتمل لترسبات هائلة الحجم أشبه بالخث من مادة نباتية تراكمت في مستنقعات بالغة القدم بالمناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. ويمثل النفط والغاز بقايا مواد هيدروكربونية عُزلت داخل أجساد تريليونات لا تحصى من الكائنات المجهرية البلانكتونية التي عاشت في محيطات سحيقة القدم. وينتقل الغاز والنفط عبر الصخور المسامية ويتراكمان داخلها، ويمكن استخراجهما من تلك الصخور. وفي تلك الأحوال الثلاثة، تكون الحرارة والضغط عاملين ضروريين لتلك العملية.

برغم كل تلك التقلبات، فإن بعض البروتينات — منها الكولاجين على سبيل المثال — من الجائز أن تعمر لمدة زمنية طويلة داخل البقايا الحفرية. وربما تبقى آثار الحمض الأميني لعدة ملايين من السنين (تصل إلى ١٠٠ مليون عام، كما يزعم البعض)، بل إن شذرات من تسلسلات الحمض النووي دي إن إيه من الجائز أن تصمد لمدة تتراوح بين ١٠٠ إلى ١٢٠ ألف عام. وكلما كبر حجم الجزيئات التي حفظت، زاد حجم المعلومات التي من المتوقع أن تحويها. من ناحية أخرى، في بعض الحفريات يكون كل ما تبقى منها هو غشاءً كربونيًّا، وكأنه صورة فوتوغرافية تسجل بأمانة تامة شكل الكائن الحي، فوق الصخرة.

التصخر

تكون عملية تصلد البقايا الحفرية مصحوبة بسلسلة كاملة من العمليات الموازية لما يعرف بالتصخر (أي التحول إلى صخر). يشجع الانضغاط والتخلص من الماء على التحام حبيبات الطبقة الرسوبية معًا والتصاقها، وهكذا قد تتكون بلورات معادن جديدة مثل الفيلدسبار. ويعتمد مقدار تشوه البقايا الحفرية عن طريق انضغاط الصخور اعتمادًا كبيرًا على التوقيت النسبي للأحداث. فإذا سبق التصخر عملية الانضغاط بفترة زمنية كافية، فإن البقايا الحفرية تُحفظ سليمة بأبعادها المجسمة. ولكن الكثير والكثير من الحفريات ينتهي بها الأمر إلى أن تصير مسطحة كليًّا أو جزئيًّا، وغالبًا ما تتشوَّه على نحو عجيب من خلال التشوُّه التشكيلي للحفرية والصخور معًا. ويلعب الضغط والحرارة دورًا رئيسيًّا في التصلد المتأخر، ولكن ليس في جميع الأحوال. فبعض الحفريات بالغة القدم تبدو طبيعية للغاية، في حين أن حفريات أخرى تبدو كما لو أنها قد تعرَّضت لعملية طهي.

الحفريات والصناعة

للحفريات عدد من الاستخدامات الاقتصادية المباشرة، بخلاف إسهامها في العلوم البحتة. تُستخرج الصخور المكونة من دياتومات حفريات مجهرية لنطاق كبير من الاستخدامات، مثل استخدامها في المرشحات (التراب الدياتومي)، بل وحتى في مستحضرات التجميل. يطلق على الفحم والغاز الطبيعي والنفط «الوقود الحفري»، وهي نتاج كائنات كانت حية ذات يوم، برغم تزايد الجدل بأن غاز الميثان ربما يكون من الصخور نفسها بعد التعرض لضغط هائل. وهي جميعها من الهيدروكربونات العضوية، ومصدرها الرئيسي المادة النباتية الميتة؛ في حالة الفحم، جاءت تلك المركبات من ترسبات خُث عتيقة في المياه العذبة ترسبت في مستنقعات؛ أما في حالة النفط، فجاءت من بلانكتون مجهري كان يعيش في البحار.

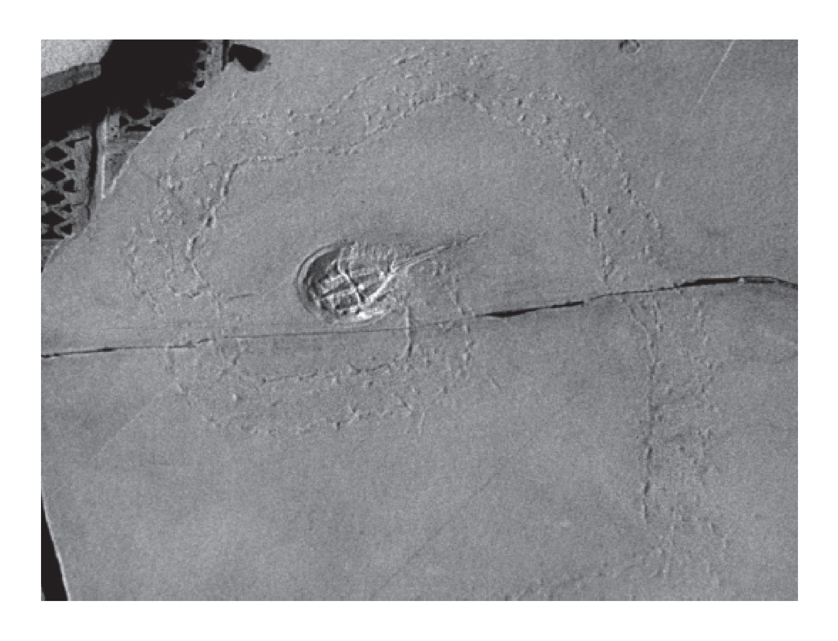
وكما تسمح «الأنماط المميزة» من الحفريات للجيولوجيين بدقة أن يربطوا بين الطبقات في تسلسل طبقاتي، فإنها يمكن استخدامها لأغراض تنبُّئِية. فقيعان كافة أحواض المحيطات — منذ قديم الأزل إلى اليوم — تراكم طبقات فوق طبقات من الحفريات المجهرية: المنخربات، والصفائح الحبرية، والدياتومات، والراديولاريا. وتشهد الترسبات الطباشيرية — التي يبلغ سمكها آلاف الأقدام من أوروبا إلى أستراليا — لكل من غزارة إنتاجية المحيطات ومقاومة تلك الهياكل المجهرية للتحلل. واليوم، يستخدم مستكشفو صناعتي الغاز والنفط الأنماط التي تميز تلك الحفريات المجهرية عند تحليل العينات من الحفر التي يصنعونها في الأرض. وبهذه الطريقة، تمكن قراءة جيولوجيا المنطقة حتى من عينات تُستخرج من الحفر التي تصنع من على ظهر السفن، والتنبؤ ليس بأماكن تواجد خزانات النفط فحسب، وإنما أيضًا بكميات النفط التي تحتوي عليها.

وتتباين الآراء فيما يتعلق بإجمالي طول المدة الزمنية اللازمة «لتكون حفرية ما». إن عمليات التثبيت الكيميائي والتصلد ينبغي أن تبدأ في غضون أيام من الانطمار، والتمعدن ربما يكتمل إلى حدٍّ كبير في غضون عشرات السنين. أما بالنسبة لحفظ التفاصيل الدقيقة، بل ويصل الأمر فيه لحفظ الأنسجة الرخوة — وهو ما يكسب ما يسمى بترسبات لاجرستاتن أهمية بالغة — لا بد أن تكون المراحل المبكرة قد حدثت بسرعة كبيرة. إلا أنه حتى في تلك الحالة، قد تستغرق عملية التصلب والتصخر التام للرسوبيات المحيطة بها آلاف — وربما ملايين — السنين.

الآثار الأحفورية

مع أن البقايا الحفرية للأجزاء الصلبة من الجسم والحفريات التي نقع عليها في بعض الأحيان لأجزاء رخوة تخبرنا بالكثير والكثير عن الكائن الأصلي، فإن الآثار الأحفورية

تعطينا رؤية مختلفة وموازية عن العالم المندثر. وتشمل تلك الظاهرة آثار أقدام الكائن، والأنفاق التي حفرها، وبقايا الروث، والثقوب التي صنعها وعلامات أسنانه، وهي مجتمعة مع ظواهر متعلقة بها مثل طبعات قطرات المطر، وتشققات الطمي، وعلامات التموج والتيارات البحرية، تقدم لنا معلومات بيئية وسلوكية فريدة من نوعها.



شكل ٥-٣: سرطان حدوة الحصان — الذي يمت بصلة قرابة وثيقة لسلطعون حدوة الحصان المعاصر — قد زحف نحو طمي حجر جيري سام في العصر الجوراسي بموقع سولنهوفن وسرعان ما لقي حتفه فجأة في مكانه.

معظم الآثار الأحفورية تكوَّنت في مادة لينة أو عندما صنع كائن ما علامة مميزة فوق سطح ما يتَّسم بالصفات الملائمة، والتي يُعدُّ الطمي أبرزها. ولا بد أن السطح لم يكن مبتلًّا بشدة، وإلا ضاع الأثر سريعًا، ولا شديد اللزوجة، وإلا يصبح تحديد العلامة مبهَمًا. ربما بسبب ضخامة الحجم والعمق، فإن مسارات أقدام الديناصورات شديدة الشيوع. وفي أحوال بالغة الندرة، بالطبع، يمكن التعرف على الكائن الذي صنع الأثر من

حيث نوعه؛ وهذا لا يكون ممكنًا إلا في ظل وضع نموذجي، كأن يُعثر على الحيوان راقدًا ميتًا في خندقه أو عند نهاية خط سيره، مثلما هو الحال في المثال الشهير لسرطان حدوة الحصان الذي انجرف إلى هور سولنهوفن، ثم مات فجأة في مكانه.

عادةً ما يبين فحص مقطع رأسي لأثر الأقدام أن البصمة ربما تكون انطبعت خلال عدة طبقات رقيقة من الرسوبيات، وأن مستوى القاع الذي يتم شطره للكشف عن الأثر ربما لا يكون هو المستوى «العلوي» الذي يميز الفاصل بين السطح الأصلي وبين طبقة رسوبية ترسَّبت في وقت لاحق. ومعنى ذلك أنه — في حالة بصمة قدم ثقيلة — ربما يتم حفظ الطبعة الأصلية لأثر الأقدام في رسوبيات أعمق، حتى وإن كانت العلامة الفعلية فوق السطح المكشوف قد تعرَّضت للتشوُّه أو المحو.

الاكتشاف والإعداد

من الممكن أن تضيع بقايا أي كائن عند أية مرحلة، وحتى عندما تُحفظ الحفريات، فإنها قد تكون مراوغة على نحو مذهل؛ فقد تكون مطمورة بالعديد والعديد من الطبقات المكونة من صخور أحدث عهدًا حتى إنها قد لا تظهر على السطح مطلقًا إلى الأبد. وربما تتعرض الصخور التي دفنت فيها للدمار من خلال عمليات التآكل أو الاندساس. ولا يمكن العثور على الحفرية والتقاطها إلا عندما ينكشف من جديد المهد الذي ترقد فيه ويخرج إلى سطح الأرض (أن تعمل قوى الطبيعة على تعرية الطبقات الصخرية التي تعلوها أو أن تتم تلك التعرية بيد الإنسان). وفي أوروبا الغربية حيث الطقس لطيف وتعمل الارتفاعات المنخفضة (في أغلب البقاع) على ضمان نمو كثيف للحياة النباتية، فيعتمد اكتشاف الحفريات على التعرية التي تحدث بالمصادفة على امتداد قيعان الجداول، وسفوح التلال المنحدرة، والجروف البحرية وفي المحاجر، وأثناء شق الطرق وإنشاء خطوط السكك الحديدية، وأعمال حفر المناجم. ونجد على النقيض من ذلك أنه في أماكن مثل غرب أمريكا الشمالية، وأستراليا وصحراء جوبي توجد مسطحات من الأراضي المكشوفة نسبيًّا، والتي تتعرض لعوامل التعرية بمعدل أسرع، فتكشف عن عدد أكبر من الحفريات، إن وجد. وأينما ظهرت الحفريات، من الضروري العثور عليها بسرعة نسبية قبل أن تُختزَل من جديد لتصبح حبات رمال بفعل التجوية أو التآكل.

العثور على الأماكن الملائمة والصخور المناسبة للاستكشاف يعد علمًا وفنًّا في آن واحد. وفي كثير من الأحيان، يعتمد اكتشاف موقع ما للحفريات أولًا على الاستكشاف

الجيولوجي الأساسي وعلى رسم الخرائط التي رسمها أناس آخرون. فالعديد من المواقع المهمة اكتشفت لأول مرة عن طريق شخص ما وجد قطعة أو قطعتين من الحفريات التي ظهرت على السطح بفعل التجوية. وفي نهاية المطاف، فإن العثور على الحفريات يعتمد على أمرين: الكثير والكثير من البحث وامتلاك «عين ثاقبة». وفي حين أن العامل الأول واضح، فإن الثاني ليس كذلك. فقد كان لدى كبار جامعي الحفريات دومًا القدرة على رؤية الحفريات في أماكن كان غيرهم سيمر عليها مرور الكرام. وهو أمر يبدو أنه ليس من السهولة اكتسابه. وقد اكتشفت — وأنا نفسي لا أمتلك تلك العين الثاقبة — مبكرًا أن أفضل عمليات جمع الحفريات التي قمت بها كانت في دواليب المتاحف حيث تركز عمل خبراء سابقين على مدار مئات السنوات. لكن أولئك الذين يرغبون في دراسة علم ما مثل تركيب مجتمع الحفريات، عليهم أن يخرجوا ويبذلوا الجهد الشاق بأنفسهم؛ لأنه نادرًا ما يتبيَّن للمرء أن آخرين جمعوا الحفريات للهدف نفسه الذي سعى هو إليه.

حتى عند العثور على إحدى الحفريات، والتقاطها بحرص، وإحضارها للمعمل لدراستها، لا يزال هناك الكثير من العمل لإنجازه. ففي المعمل، يتولى أمر الحفرية «مُعِدٌّ» يتوقف الكثير على ما يتمتع به من مهارات تقنية. فينبغي إزالة التغليف الواقي بحرص بالغ؛ لأن الصخرة ستكون قد جفت خلال الفترة الزمنية التي مرت منذ جمع العينة، كما ينبغي أيضًا إزالة أي صمغ أو مثبت وُضِع في الميدان. بعدها يجري إعداد العينة بحرص، ويكون ذلك عادةً بأسلوب ميكانيكي مختبر زمنيًّا حيث تُزال الصخرة المغلِّفة للحفرية ببطء شديد تحت المجهر باستخدام أزاميل وإبر دقيقة جدًّا من الصلب. وفي بعض الأحيان، من الممكن استعمال أدوات ميكانيكية مثل مثقاب الأسنان إذا كانت الحفرية ستتحمل الذبذبات. وفي بعض الأحيان، يُزال الكساء المغطي لها بإذابته بالأحماض. وإذا كانت الحفرية مصنوعة من شيء يتمتع بمقاومة جيدة نسبيًّا مثل السيليكا ومحفوظة داخل حجر جيري، فإنه من الممكن إذابة الحجر الجيري بحرص في حمض مخفف، بحيث يخلف الحفرية المكوَّنة من السيليكا دون أن يمسها بسوء. ويبدو هذا أشبه بعملية بسيطة نسبيًّا، لكنه أمر عسير دومًا كما أنه يستغرق الكثير من الوقت؛ لأن الحفرية نفسها يجب حمايتها بالشمع والورنيش أثناء غمر الحفرية بأكملها داخل حوض من المادة الحمضية. وبعدها تُغسل ثم يجري تكرار العملية برمتها عدة مرات.

وينتهي الأمر ببعض الحفريات داخل طبقات رسوبية مثل الطباشير والليجنايت التي تكون على درجة من اللين بحيث يمكن الحفر واستخراجها باستخدام سكين

خلط الألوان التي يستخدمها الرسامون ثم تنظيفها بالماء مع الفرشاة. بينما نجد صخورًا أخرى بالغة الصلادة، لا سيما عندما تكون ملتصقة معًا بمعادن يدخل الحديد في تركيبها، بحيث تكون شديدة المقاومة لأقوى أنواع الأزاميل وللغالبية العظمى من الأحماض عدا أشدها قوة. وفي المتوسط، كلما كانت الطبقة الرسوبية أحدث عهدًا، كانت الحفرية أفضل وأيسر في «تجهيزها». وأقل الطرق اختراقًا لفحص الحفرية هي عن طريق مسحها بالأشعة المقطعية، وإعادة بناء الحيوان بأكمله بواسطة الكمبيوتر. أما أكثرها اختراقًا فهي كسر أجزاء تسلسلية على مسافات بالغة الدقة (٣٠ ميكرونًا، على سبيل المثال)، وتصويرها في كل مرة، ثم إعادة تكوينها باستخدام الكمبيوتر. وعلى أية حال، وفي الغالب الأعم، من الممكن أن تمر أيام، بل وأسابيع، إلى أن تنكشف التفاصيل الكاملة للعينة.

الفصل السادس

إعادة الحفريات إلى الحياة

نادرًا ما يكون علم المتحجرات ملحمة بطولية جميلة من الحفر لاستخراج هياكل عظمية كاملة أو مجتمعات بأسرها محفوظة سليمة في صخرة لينة لطيفة؛ ففي الغالب تكون المهمة شاقة؛ عبارة عن التقاط الآلاف والآلاف من شظايا الحفريات من أجل العثور على أدلة بالغة الدقة يمكن تجميعها، وغالبًا ما يكون ذلك على مدار سنوات، لتصبح ذات شكل متماسك الأجزاء. من ثم فإن قدرًا كبيرًا من السحر الذي يتمتع به علم المتحجرات يكمُن في دور المخبر السري الذي يلعبه العالِم. فعالم المتحجرات يعمل بأسلوب يشبه كثيرًا أسلوب عمل عالِم الطب الشرعي الذي نعرفه في المسلسلات البوليسية (وفي الحياة الواقعية)، فهو يستنبِط أسرار حياة فرد وحياة العالم أجمع من بعض البقايا التي تغيب عنها الحياة.

ولعلم المتحجرات عدة أهداف طموحة بصورة استثنائية. على المستوى التاريخي، كانت أولى تلك الأهداف استخدام الحفريات في علم رسم طبقات الأرض، واكتشاف وتفسير تركيب وتاريخ الأرض نفسها. كل طبقة من الأجزاء الرسوبية لقشرة الأرض لها حفرياتها المميزة الخاصة بها، وهو ما يجعلها تقدم مفتاحًا لعمرها مقارنةً بالطبقات الأخرى، وكذلك البيئة الأصلية. ولما كانت الطبقات عبر الزمن تظهر ممالك حيوانية ونباتية متباينة «وإن كانت مرتبطة بصورة واضحة»، فقد أعقب ذلك الهدف الثاني: إعادة تجميع علم أنساب شامل جامع — أي العلاقات التداخلية التطورية — للحفريات والكائنات الحية، للعودة إلى أصول الحياة ذاتها. وما من عالِم متحجرات يمكنه أن يتخيل يومًا أن شجرة العائلة الناتجة ستكون مكتملة. غير أن كل حفرية يُعثر عليها لديها القدرة على إضافة شيء ما لقاعدة البيانات التطورية. ولكن المهمة الثالثة الرئيسية لعلم المتحجرات أكثر طموحًا: أن نفهم ما كانت عليه الكائنات التي صارت حفريات

أثناء حياتها. وليست مهمته أن نتعرف على هذه الكائنات فحسب، وإنما أن نعيد بناء مظهرها، ووظائفها الميكانيكية والفسيولوجية، والبيئة التي عاشت فيها، بل وحتى سلوكياتها.

الكائن الحي

تعتمد عملية إعادة بناء الكائن الحي اعتمادًا كبيرًا على امتلاك معرفة واضحة ببيولوجية الكائنات الحية والعثور على نظير ملائم له بين الكائنات الحية الحالية. ويمكننا — على سبيل المثال — الاستدلال من أسنان حفرية ما على نوع الطعام الذي كان الحيوان يقتات عليه؛ ويمكن للفكين أن يدلانا على الأسلوب الذي كان يمضغ به الطعام؛ أما المفاصل وندوب العضلات ونسب الأطراف بعضها إلى بعض، فتدلنا على الطريقة التي كان يسير أو يركض بها؛ والصَّدفة من شأنها أن تدلنا على الأسلوب الذي كان يختبئ به؛ ومن هذه النسب يمكننا أن نقدر حجم الكائن بأكمله. وفي حالة حيوانات كثيرة، من الممكن في الغالب أن نعرف ما إذا كان ذكرًا أم أنثى. وفي الفقاريات، يدل تعظم الدرزات في الجماجم على الفرد البالغ وهكذا. وتدل أشكال أوراق الأشجار الحية على سمات البيئة التي تعيش فيها: فالأوراق المجزأة ذات الأطراف الطويلة عادةً ما تكون لنباتات تعيش في بيئات رطبة، والأوراق الرفيعة الطويلة أكثر كفاءة في جمع طاقة الشمس في البيئات الجافة المكشوفة، والحواف المستديرة للأوراق تميز أكثر ظروف الأجواء المعتدلة. وفي الوقت نفسه، تعتمد عمليات إعادة بناء الحفريات الجديدة (بل ومراجعتنا المستمرة لإعادة بناء الحفريات القديمة) على — كما أنها تعدَّل بناءً على — النماذج الحية التي ننتقيها كي نقارنها بها. ومما لا شك فيه أن الحيوان أو النبات الذي تحول إلى حفرية والذي نسعى لإعادة بنائه على الأرجح كان يبدو — ويحيا — أشبه بأقرب أقربائه من الأحياء، أكثر من أي شيء آخر.

بعد أن تسلَّحنا بتلك القواعد، حتى لو كان لدينا حفرية عبارة عن جزء واحد من الهيكل العظمي فإن باستطاعتنا القيام بتقديرات مستنيرة للشكل الذي كانت عليه الأجزاء المجاورة له. فالكائن الذي تكون أرجله الأمامية مثل أرجل الفيل لن تكون أرجله الخلفية مثل أرجل الغزال، على سبيل المثال. في بدايات القرن التاسع عشر، كان البروفيسور كوفييه (والذي صار بعد ذلك بارونًا) في باريس على يقين تامٍّ من قدرته على التنبؤ بالهيكل العظمي بأكمله من مجرد جزء صغير، لدرجة أنه وضع «مبدأ ارتباط

الأشكال في الكائنات المنتظمة» الذي وُضع قانونًا لهذا النوع من الاتساق. وقد كان على يقين أن باستطاعته إعادة بناء هيكل عظمي كامل من مجرد عظمة واحدة ليس إلا.

ومن ثم، فإن قدرًا كبيرًا من العمل يعتمد على معرفة عالم المتحجرات بنوع الكائن الذي يتعامل معه. فحفرية لماموث — على سبيل المثال — يمكن أن نتوقع وجود أوجه شبه كثيرة لها مع حيوانات الأفيال الحية الآن. ولكننا عندما نتعامل مع مجموعة من حفريات الكائنات العملاقة التي لا تنتمي بصلة قرابة واضحة بالحيوانات التي تحيا الآن، تصبح المشكلة أكثر صعوبة. فديناصور الإجوانودون سمي بذلك الاسم لأن أسنانه كانت تشبه أسنان السحلية المعاصرة، المسماة إجوانا. غير أن الديناصور ليس مجرد سحلية متضخمة؛ كما أن الإكتيوصورات ليست تماسيح، كما اعتُقِد في بادئ الأمر. أما البليزوصورات (التي وصفت بأنها تشبه ثعبانًا يمر عبر جسد سلحفاة)، فقد كانت أكثر صعوبة في تفسيرها. عندما اكتشف أول بليزوصور عام ١٨٢١ على يد ماري آننج، جزم كوفييه بقوة أنه لا بد وأن يكون خطأً أو شيئًا مزيفًا؛ لأنه لم يكن هناك حيوان معروف له مثل هذه الرأس الصغيرة والعنق والجسد الطويل. فحيوان كهذا لم يكن من الممكن أن يكون له وجود! ثم تبين أنه في علم المتحجرات — مثلما هو الحال في أي علم آخر، وبالنسبة لكوفييه، مثلما هو الحال بالنسبة لنا جميعًا — يكون أصعب شيء على المرء هو أن يكتشف مدى جهله. فقد كشف لنا سجل الحفريات عن الكثير والكثير من الكائنات التي تبدو للوهلة الأولى أنها ما كان من الممكن أن تكون موجودة. وهناك الكثير من الحفريات التي ليس لها نظير بين الكائنات الحية التي نعرفها. وجميع حالات التشابه ليست سوى أساس لإعادة البناء وليست برهانًا على هوية الكائن.

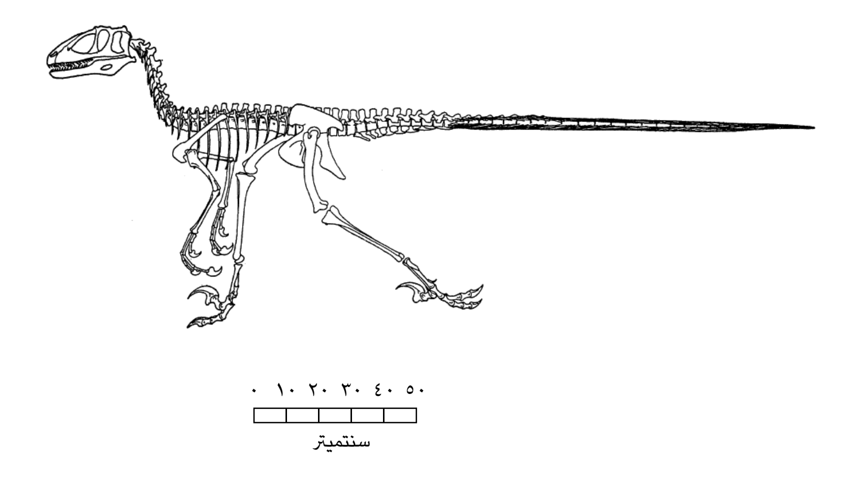
كما شرحنا في الفصل الثالث، كان اكتشاف الديناصورات في عشرينيات وخمسينيات القرن التاسع عشر إشارة بدء لظاهرة كبرى في الثقافة الشعبية. وعندما قام ويليام باكلاند — الأستاذ بجامعة أكسفورد — بوصف الميجالوصور لأول مرة معتمدًا على بعض القطع من الفك، والحوض، وبعض عظام الأطراف، لم يكن هناك حيوان يسير على قدمين مشابه له معروف آنذاك، وكان من المنطقي إعادة بنائه باعتباره حيوانًا يسير على أربع؛ يشبه في جزء منه الضفدع وفي جزء آخر حيوان الضبع. وأعاد جوزيف ليدي في فيلادلفيا بناء الهادروسورس الذي اكتشفه عام ١٨٥٨ باعتباره يسير على اثنتين، غير أن علماء المتحجرات لم يمتلكوا دليلًا لا يمكن دحضه على أن تلك الحيوانات كانت تقف على قدميها الخلفيتين إلا بعد أن اكتُشِفت مجموعة من الهياكل الكاملة للإجوانودون

في أحد مناجم الفحم في بلجيكا؛ وحتى يومنا هذا، لا يمكن للمرء أن يتيقن بحق من وظيفة تلك الأطراف الأمامية الضئيلة التي لدى حيوان مثل التيرانوصور ركس (برغم كثرة الافتراضات في هذا الأمر).

في وقت من الأوقات، افتُرِض أن الديناصورات الضخمة آكلة الأعشاب من فصيلة صوروبودا مثل الأباتوصور كان وزنها من الثقل بحيث لا يمكنها العيش على اليابسة، وإنما لا بد وأنها كانت تعيش في البحيرات بحيث يتحمل الماء جزءًا من وزنها. وقد فُهمت على أنها حيوانات بطيئة الحركة وغبية، مثلما هو الحال مع جميع الديناصورات: ذوات دم بارد فسيولوجيًّا وذوات أمخاخ صغيرة. وقد أعلن العلماء في جسارة أن تلك الحيوانات كانت على درجة من الطول حتى إن الإشارات العصبية كانت تستغرق وقتًا طويلًا حتى تصل من المخ إلى الذيل، وأنه لا بد أنه كان هناك مخ إضافي موجود في منطقة جوفاء من القناة الفقارية في المنطقة العجزية. وكان يُنظر إلى الديناصورات التي تسير على قدمين باعتبارها حيوانات خرقاء هي الأخرى، تجرجر ذيولها الطويلة على الأرض، أو أن تلك الذيول تؤدي وظيفة قدم ثالثة عندما يكون الحيوان في فترة الراحة.

وفي ستينيات وسبعينيات القرن العشرين، دخلت دراسة «الشكل والوظيفة» لدى الحيوانات الحية — وهو خليط يجمع بين علوم الميكانيكا الحيوية وعلم الفسيولوجيا وعلم السلوك وعلم البيئة — طورًا تجريبيًّا وتحليليًّا جديدًا. فكانت جميع جوانب بيولوجية الكائنات الحية — سواء كانت بسيطة أو معقدة، من نباتات ولافقاريات وفقاريات — مفتوحة أمام نوع جديد من التدقيق والفحص، وسرعان ما طبقت النتائج على الحفريات. وفي حالة الديناصورات، بدأت الدراسات التي أجريت على أحجام غمدات العضلات في الهيكل العظمي، والقياس الدقيق لزاوية مفاصل الوركين والأكتاف، بجانب الدراسات التجريبية المفصلة لوظائف الأعضاء وأسلوب حركة الزواحف الحية (بالطبع مع المساعدة التي قدمتها الأفلام المتحركة باستخدام الأشعة السينية)، في رواية قصة جديدة ومختلفة.

كان من العناصر الحاسمة في تلك القصة الوصف الذي قدمه جون أوستروم من جامعة ييل عام ١٩٦٩ لديناصور متوسط الحجم يعود للعصر الطباشيري من مونتانا. لقد بدا في جوانب عديدة منه ديناصورًا تقليديًّا صغير الحجم من الديناصورات آكلة اللحوم، فيما عدا أنه كان له مخلب ضخم ذو مظهر مخيف في كل قدم من قدميه الخلفيتين. وكان الذيل مرتكزًا على سلسلة طويلة من الأربطة المتعظمة، ومن الواضح



شكل ٦-١: هيكل عظمي لديناصور داينونيكس، ينتمي للعصر الطباشيري المبكر، حسبما أعيد بناؤه لأول مرة في وضع حركي على يد البروفيسور جون أوستروم.

أنه لم يكن يجرجره على الأرض. وكشفت عمليات إعادة بناء ديناصور داينونيكس (أي «المخلب البشع»، حسبما أطلق عليه بعد ذلك) عن حيوان مفترس شديد الضراوة، يتميز بخفة الحركة والنشاط. ولا بد أنه كان من ذوات الدم الحار ويتسم بالذكاء. ثم تلت ذلك اكتشافات مماثلة، من بينها أشكال مثل ديناصور الفيلوسيرابتور ضئيل الحجم. وبذلك الاكتشاف، صار هناك أسلوب جديد تمامًا للتفكير في الديناصورات وتصويرها وصار ذلك الأسلوب هو الشائع. وكان مفهوم الديناصورات ذوات الدم الحار مع طوفان من المعلومات الجديدة التي ظهرت عن الحفريات ذاتها، إيذانًا بمولد جيل جديد من عمليات إعادة البناء الكاملة لكائنات ذوات دم حار، تجنح في بعض الأحيان للخطأ، بقدر مسرف نحو الدراما المبالغ فيها، مثلما كانت الآراء الأقدم مضحكة وتفتقر إلى الحيوية.

البيئة والسلوك

كثيرًا ما تحكي لنا البقايا الحفرية بصورة مباشرة كلًّا من أسلوب موت الكائنات وكذلك شيئًا عن أسلوب حياتها. إضافة إلى أن آثار انغراس الأسنان تدلنا على ممارسة الاقتيات

على القمامة أو الافتراس، كثيرًا ما تدلنا بقايا الهياكل العظمية على وجود التئامات للكسور، وتقدم لنا أدلة على أمراض كالتهاب المفاصل؛ ويبدو أن دببة كهوف العصر البليستوسيني كانت عرضة لهذا المرض بقدر كبير. نجت عينة ديناصور التيرانوصور الموجودة بمتحف شيكاغو الميداني — والتي يطلق عليها اسم «سو» — من كسر بعدة ضلوع، ومن إصابات في فكها، والتهاب العظم والنقي (التهاب يصيب الأنسجة العظمية) بالساق اليسرى.

هناك حفريات للإكتيوصورات لا تزال محتويات مَعِداتها سليمة، بينما لقيت أخريات حتفها أثناء الولادة. وماتت أسماك كثيرة عند محاولتها التهام سمكة أخرى كانت هائلة الحجم. وهناك حشرات حفظت ملتصقة بصمغ الكهرمان كانت في بعض الأحيان في وضع التزاوج. وتترك الكائنات الطفيلية والكائنات الحفارة عددًا من الآثار المادية داخل فرائسها. وتحتوي أعشاش ديناصور الماياصورا على صغار، مما يشير لوجود رعاية أبوية. وهناك علم فرعي كامل يُعنى بالروث الحفري، وهو ميدان علمي ثري بالمعلومات الخاصة بالتغذية.

أما الآثار الأحفورية، فذات فائدة جمة. في العصر الجوراسي الأوسط (منذ ١٦٨ مليون عام) وفي محجر أردلي بالقرب من أكسفورد، يسجل ساحل عتيق آثار سير ديناصور تمتد لمسافة تزيد على ٢٠٠ متر تقريبًا. فقد كانت مجموعة من الصوروبودات هائلة الحجم تتهادى في بطء على طول أرض منبسطة طينية، تطأ بأقدامها الخلفية بثبات في المواضع نفسها — التي يقترب حجمها من حجم طبق تقديم العشاء — التي وطئتها أقدامها الأمامية. وهناك مجموعة أخرى من الآثار — متجهة إلى الوجهة نفسها في الشمال الغربي — خلفتها ثلاثة أو أربعة من حيوانات الثيروبودات التي تسير على قدمين — وهي حيوانات آكلة للحوم يبلغ طولها من ٢٠ إلى٣٠ قدمًا (وهي على الأرجح ميجالوصور). وباستخدام معادلة بسيطة تربط بين ارتفاع مفصل الورك عن الأرض وطول الخطوة، من الممكن حساب أن الصوروبودات كانت تسير في بطء بسرعة تقل عن ٢ ميل في الساعة. وفي معظم الأوقات كانت الحيوانات آكلات اللحوم تسير بسرعة تتراوح بين ٢٫٥ و٣ أميال في الساعة، ثم انطلقت راكضة بعد ذلك (بسرعة تقترب من ٨ أميال في الساعة)، لفترة قصيرة؛ لكن سرعتها كانت أقل كثيرًا مما يمكن أن يمثل الحد الأقصى لسرعتها الذي يبلغ حوالي ١٨ ميلًا في الساعة. ومن المغري هنا أن نعيد بناء هذا المشهد على أنه مشهد تطارد فيه الميجالوصورات المفترسة ذلك القطيع الصغير من الحيوانات

النباتية العملاقة، وتخيل أن «خارج المشهد» (تحت المنحدر بعد المساحة المفتوحة) كانت هناك مجزرة مروعة. ولكن بالمثل، ربما سارت الميجالوصورات على امتداد الشاطئ أولًا، بل وربما طُوردت من قبل الحيوانات العملاقة التي تقترب منها. كما أن هناك ذلك الاحتمال الذي يفتقر إلى أية إثارة أن المجموعتين تجولتا على امتداد الشاطئ نفسه في وقتين مختلفين ولم ترَ أيٌّ منهما الأخرى مطلقًا. فعلى المرء أن يكون حذرًا كي لا يفرط في خياله فيما يتعلق بالآثار الأحفورية!



شكل ٦-٢: رسم مخطط لآثار السير بمحجر آردلي، في أكسفوردشير. مجموعة من الصوروبودات الآكلة للعشب (الخطوط المتَّصلة) كانت تعبر هذا الشاطئ الطمي في العصر الجوراسي؛ وما إذا كانت تعلم بوجود اثنين من الميجالوصورات المفترسة (صاحبة الخطوط المتقطعة) أم لا، فهو أمر لا يزال محلَّ تخمين. كلتا المجموعتين كانتا تتجهان نحو الشمال الشرقي.



شكل ٦-٣: برغم تجاور تلك الآثار بصورة مخيفة، فإن صاحب آثار القدم البشرية لم يلتقِ مطلقًا بنمر اليغور الذي مر هو الآخر بشاطئ النهر الكوستاريكي.

تقوم كثير من السلوكيات المصورة في الرسوم وإعادة بناء الحفريات على تحليلات وظيفية صارمة للتركيب الجسماني. فبعضها — لا سيما في حالة الرسوم المتحركة التي تُنتَج من أجل التليفزيون والسينما — تخميني و/أو قائم على افتراضات مستقاة من نماذج حية. فعلى سبيل المثال، إن الأباتوصور الذي يظهر في مسلسل الرسوم المتحركة الذي أنتجته «بي بي سي» «السير مع الديناصورات» والذي حقق نجاحًا جماهيريًّا

كبيرًا بدأ بفيل يسير ويركض. لقد قدم المسلسل مكافئًا ديناميكيًّا (وهو في حالتنا هذه إلكترونيًّا) لهيكل الفيل ثم أضيف إليه العنق الطويل وذيل الديناصور باستخدام فن الجرافيكس. وقد كان التأثير رائعًا، ولكن بمجرد أن تعلم أن هناك فيلًا في الصورة، تصبح رؤية الأباتوصور أكثر صعوبة.

معظم الحفريات لا توجد فرادى وإنما يعثر عليها في مجموعات. وينبغي أن يطلق على تلك المجموعات اسم «تجمعات»؛ للتمييز بينها وبين المجتمعات الأصلية التي تمثل هي انعكاسًا لها. إن طبائع تلك الروابط تقدم لنا معلومات وفيرة. العديد من أنواع حفريات النباتات مؤشرات دقيقة دالة على المناخ، بل وحتى — بالنسبة للنباتات المزهرة المعاصرة — على الارتفاعات التي نمت عندها. الطبقات المتتالية من الرسوبيات والحفريات المطمورة في ترسبات البحيرات تتيح لنا قراءة أنماط التغير المناخي على مدى مئات أو آلاف السنين. ورغم الكثير من الصعوبات، فإنه يمكن استخدام الحفريات في إعادة بناء قسط كبير من المعلومات الحجرية البيئية المتعلِّقة بالظروف البيئية للأفراد، والمجتمع الذي يتكون من جميع الأفراد، وكذلك الموطن الأكبر لهم.

في بعض الأحيان، يمثل التوزيع الجغرافي البسيط للحفريات مشكلة بيئية مليئة بالتحديات؛ فالديناصورات الضخمة — مثل الترودون آكل اللحم والإدمونتوصور آكل العشب — توجد في العصر الطباشيري بألاسكا؛ غير أن معظم الناس يعتقدون أن هاتين المنطقتين كانتا قطبيتين أو شبه قطبيتين في ذلك العصر. حتى لو كانت درجات الحرارة أكثر اعتدالًا في الشمال في تلك الأيام، فكيف ظلت الديناصورات على قيد الحياة خلال شهور الشتاء الطويلة المظلمة؟ من المعتقد أنها لم تهاجر مثل حيوان الرنة المعاصر. فهل يوجد تفسير ما لم نضع أيدينا عليه بعد؟

الحفريات والفنانون

كان علماء المتحجرات يعتمدون دومًا وبقدر كبير على مهارات الفنانين في رسم أعمالهم، ومن بين العوامل المؤثرة في قبول أفكار روبرت هوك حول الطبيعة الحقيقية للحفريات في كتابه «ميكروجرافيا» (١٦٦٥) رسمه الرائع للعينات (حيث كان هوك قد تدرَّب في صغره على يد فنان لندن بيتر ليلي). غير أنه ليس كل علماء المتحجِّرات موهوبين بالقدر الذي يسمح لهم بإجراء عمليات إعادة البناء النهائية للحفريات التي يعملون عليها، والقليل جدًّا من الحفريات يكون مكتملًا بصفته عينة واحدة، وعادةً ما تكون هناك

ضرورة للاستعانة بفنان لرسم كيان مكتمل واحد من تلك الأجزاء المبعثرة. والتعاون بين العالِم والفنان في أفضل صوره يكون عملًا تضافريًّا يحقق نتائج أفضل من الجهود الفردية.

وينقسم دور الفنان إلى شقين؛ أولهما: أنه قد يُطلَب من الفنان إبداع تصويري، صادق قدر الإمكان، ينقل تفاصيل العينة على نحوٍ يكاد يكون فوتوغرافيًّا. والثاني: أنه قد يطلب من الفنان رسم نظرية عن الحفرية. فكون حفرية حيوان ما ذات سيقان طويلة، أو أسنان ثلمة، أو أن نباتًا ما له أوراق مدببة، هذا أمر؛ وأسلوب أدائه لوظيفته في الحياة أمر آخر. وفي العديد من الحالات، يتعذَّر الفصل بين التصوير الصادق لما هو موجود وبين إعادة بناء ما يحتمل أن يكون موجودًا، برغم أنه يتعين على كافة الأطراف المعنية التيقن من أن أي تخمينات أو فرضيات في التمثيل النهائي لها مبررات قوية. وبالنسبة للقارئ، هناك قاعدة واحدة تنطبق بصفة عامة: الرسومات التي تُنفذ من أجل الدراسات العلمية تكون أكثر واقعية وتعبيرًا عن الحقيقة، أما تلك التي رسمت من أجل السوق الشعبية فغالبًا ما تكون أكثر اعتمادًا على الافتراضات.

ولعل أهم استخدام لمهارة الفنان يكون في إعادة بناء المناظر الطبيعية العتيقة بأسرها، بما تضمه من مستوطنات الحيوانات والنباتات في أوجها. في المتاحف، كانت تلك المناظر الطبيعية في الماضي غالبًا ما تُترجم إلى ديوراما بالحجم الطبيعي أو مصغرة؛ أعمال ثلاثية الأبعاد يكون فيها تصوير كائنات الحفريات فيها عمل للنحات أكثر منه للرسام، أما ذلك الأخير فيكون مستغرقًا بالكامل في تصوير خلفية المشهد. وربما كانت أولى محاولات رسم منظر طبيعي كامل تلك التي نفذها الجيولوجي هنري دي لا بيش، وهو مصمم بارع يحمل نزعة إلى التصوير الدرامي. وقد صارت لوحته التي نفذها بالألوان المائية والأحبار عام ١٨٣٠ — والتي أعاد فيها بناء إكتيوصورات وبليزوصورات وتيراصورات مقاطعة دورست الإنجليزية التي جمعتها ماري آننج وآخرون، وقد وضعت داخل منظر بحري يعود للعصر الجوراسي — نموذجًا خلال عقد واحد من الزمان سار على هديه عشرات المقلِّدين وتفرع منه لون من الفن العلمي التجاري الذي لا يزال ينمو ويتطور.

إن الحيوانات في لوحة دي لا بيش عن مقاطعة دورست في الماضي ربما تبدو وكأنها مصنوعة من الخشب، غير أن تأثيرها لا يزال تأثير دراما شديدة وعنف. إنه ليس عالمًا قد يرغب البشر في المخاطرة بالدخول إليه إلا في خيالهم. (ولم تُحدث أيٌّ من عمليات إعادة



شكل ٦-٤: طبع هنري دي لا بيش نسخًا من رسمه الذي نفذه عام ١٨٣٠ بعنوان «دورست العتيقة» وطرحها للبيع مقابل ٢٫٥ جنيهًا إنجليزيًّا للنسخة الواحدة، وجعل حصيلة البيع لصالح دعم ماري آننج.

البناء المتميزة العديدة لمواضيع أخرى — مثل حياة اللافقاريات في حقبة الباليوزي — تأثيرًا كهذا.) وقد استمر هذا التقليد منذ ذلك الحين، وغالبًا ما يخلق توترًا ديناميكيًّا بين الرغبة في إظهار شيء درامي وبين الحاجة للمحافظة على الصدق في رسم الواقع الأصلي. وفي هذا الصدد، ومن بين العديد من رسامي لوحات الديناصورات الموهوبين، ربما لم ينتج فنان معاصر مثل هذه المجموعة من الأعمال العبقرية والدرامية مثل فنان الرسوم المتحركة بيل واترستون في مسلسله «كالفين وهوبز».

رسم بنجامين ووترهاوس هوكينز (الفصل الثالث) — علاوة على منحوتاته المفعمة بالحيوية للديناصورات — بعضًا من اللوحات الجدارية الكبرى التي تصور الحياة في حقبة الميسوزوي بجامعة برينستون حوالي عام ١٨٧٠. وفي وقت مبكر من القرن العشرين، خطا فن تصوير المواطن الكاملة خطوة للأمام في عمل رسمه تشارلز نايت، الذي رسم لوحات جدارية ضخمة تنبض بالحياة وتتَّسم بالدقة الشديدة في متاحف



شكل ٦-٥: لوحة جصية عملاقة من إبداع رودي زالينجر بمتحف بيبودي بجامعة ييل وضعت معيارًا لإعادة تصور معاصر للحياة في القدم. ويبين هذا المقطع منظرًا طبيعيًّا من العصر البرمي، يضم الديميترودون — الشبيه بالثدييات — «بشراعه» الظهري الأسطوري.

بنيويورك وشيكاغو ولوس أنجلوس. وفي عمل ربما يعد الأخير في هذا اللون من الفنون، رسم رودي زالينجر في خمسينيات القرن العشرين لوحة جصية طولها ١١٠ أقدام تصوِّر عصر الزواحف (تبعها فيما بعد عصر الثدييات) بمتحف بيبودي، بجامعة ييل. وقد أوجز هذا العمل — الذي وزع على هيئة ملصقات على معظم مدارس أمريكا والعديد من أنحاء العالم المختلفة — أحدث شيء فيما كان يُعرَف عن مظهر وسلوك حيوانات ونباتات حقبة الميسوزوي. إنه عمل فائق الروعة، يتميز بالدقة والتأني، برغم أن أوضاع بعض الديناصورات تبدو الآن متحفِّظة وساكنة مقارنةً بالأفكار الحديثة. وبوصف هذا العمل تصويرًا للأفكار علاوة على حقائق خاصة بالحفريات، فإنه يمثل معيارًا يُهتَدَى به في نطاق هائل من الجهود الأخرى في هذا الصدد — بدءًا من دي لا بيش — بالطريقة نفسها التي نقارن بها الحفريات.

تُظهِر بعض الحفريات أدلة على النمطية في المظهر الخارجي، ولكن الألوان المستخدمة في أي تصوير لحفرية — شأنها شأن كثير من الأوضاع والسلوكيات — يكون جزءٌ منها من خيال الفنان وجزءٌ آخر عبارة عن تخمينات من بيولوجيا الكائنات الحية. وبرغم وجود بعض المزاعم التي تدفع بأنه لو كانت الديناصورات ذات قرابة للطيور، لكانت استعانت بالألوان في سلوكياتها؛ إلا أنه ليس في مقدورنا أن نعلم أي شيء عن استخدام الألوان في التحذير أو الحماية، ولا أشكال الشعر، أو التقزح اللوني لدى الكائنات التي انقرضت منذ عهد بعيد، ناهيك عن سلوكيات التزاوج أو الاستعراضات الطقوسية. لا بد وأن جميع الديناصورات الضخمة كانت ذات جلود سميكة، ومن ثم كانت على الأرجح ذات ألوان رمادية باهتة وكئيبة كألوان الفيلة أو وحيد القرن.

الفصل السابع

التطور

قد يكون موضوع التطور مثيرًا للجدل عندما لا يتفهَّم الناس أنه من الممكن استخدام المصطلح في سياقات عديدة مختلفة وفي كلٍّ منها يحمل معنًى مختلفًا اختلافًا جوهريًّا. لعبت الحفريات دورًا رئيسيًّا في تقدم جميع جوانب التطور العضوي ولا تزال تلعب دورًا محوريًّا فيما يتعلق بمحاولة فهم أنماط التغير التطوري وأسبابه. أول تلك الأدوار وأهمها، أن الحفريات هي البرهان الموثق على عملية التطور من حيث التغير في الحياة بمرور الزمن: فالكائنات الأولية البسيطة (الأدنى مرتبة) تكملها في الحياة، وفي كثير من الأحيان تحل محلها، كائنات أكثر تعقيدًا (أعلى مرتبة). إن سجل الحفريات يقدم لنا سلسلة من الأنماط المتسقة لتلك التغيرات مع مرور الزمن، يتضمَّن عمليات نشوء وانقراض لا سبيل للحئول دونها، وإحلال وتجديد متواصل للحياة بالمملكتين الحيوانية والنباتية، وهو انعكاس أيضًا للتذبذب في البيئات التي عاشت فيها جميعًا. والأنماط نفسها متوقفة بعضها على بعض؛ ففي أي وقت من أزمنة التاريخ الجيولوجي، ما يوجد الآن يعتمد على ما كان موجودًا من قبل. إن اتساقها يشكل الأساس لاستخدام الحفريات في رسم طبقات الأرض.

وقد نجح فهمنا لأنماط التنوع المتغير في سجل الدهر الفانروزي في الصمود أمام اختبار الزمن صمودًا واضحًا. وعلى الرغم من أنه من الجائز أن تجري مراجعة التفاصيل في كل مرة يبدأ فيها جامع الحفريات في العمل، فإن السمات العامة دائمًا ما يجري تأكيدها. على مستوى الفقاريات، تأتي الأسماك أولًا، ثم البرمائيات والزواحف؛ ثم الطيور والثدييات متأخرة، ثم الإنسان في آخر القائمة (حتى الآن). فلا توجد ثدييات في العصر الأوردوفيشي، ولا ديناصورات في العصر الديفوني، ولا بشر في العصر الجوراسي. ولم تنجح أيٌّ من مجموعات الزواحف العملاقة التي عاشت في حقبة الميسوزوي

— مثل الإكتيوصورات — في البقاء على قيد الحياة حتى العصر الثلاثي؛ فلا توجد بليزوصورات حية (باستثناء ما يعتقد في وجوده والمسمى بوحش بحيرة لوخ نيس). ويمكننا الزعم بشأن ماهية العمليات التي ربما تكون أحدثت كل تلك التغيرات، ولكن تبقى البيانات الأولية (أي الحفريات والعصور النسبية لكلٍّ منها) حقائق لا مجرد افتراضات. فلو أننا عثرنا في يوم من الأيام على حفرية بشرية وقد احتضنتها بصورة لا تدع مجالًا للشك أذرع ديناصور (وهو أمر تصوره عادةً خيالات قصص الرسوم المتحركة)، فإن هذا سينفي مفهومنا بالكامل عن العملية التطورية بمرور الزمن بصورة نهائية (وقد كانت هناك محاولات تشوبها الأخطاء من قبل معادي نظرية التطور لتحديد آثار خطى بشرية على امتداد آثار سير ديناصورات في موقع يعود للعصر الطباشيري المبكر بجلين روز في تكساس). ولعل سجل الحفريات يمثل واحدًا من أكثر «الحقائق» التي تخضع للاختبار بصورة مستمرة في العلم. ففي كل يوم، في مكان ما على هذا الكوكب، يحفر أحد علماء المتحجِّرات الأرض ليستخرج حفرية. وكثيرًا ما تتيح لنا تلك الحفريات تنقيح وجهة نظرنا عن جزء من النمط التطوري العظيم للحياة، غير أنها لا تقلبها أبدًا رأسًا على عقب.

أما المعنى الرئيسي الثاني لمصطلح «التطور» فينطوي على العلاقة؛ أي مفهوم أن جميع الأنواع المختلفة من الكائنات، سواءٌ الحية أو الحفريات، يمكن وضعها (على أساس تركيبها وخصائصها الوراثية التي يتم التعرف عليها من حمضها النووي كلما أمكن ذلك) في خارطة واحدة معقدة من التشابه والاختلافات. فطيور الشحرور أكثر شبهًا بطائر السمنة من شبه أيٍّ منهما بطائر نقار الخشب مثلًا وهكذا. إن التطور يفسر تلك الأنماط على أنها تمثل علم الأنساب. وبدلًا من تكوين سلسلة من السلالات المستقلة بعضها عن بعض، فإن جميع الكائنات الحية والحفرية يرتبط بعضها ببعض في نمط من التنوع عن طريق التفرع الذي لا يتسق إلا في حالة وجود صلة قرابة. ويفسر التطور أن هذا التنوع نتج عن عملية الانحدار من نسل أسلاف مشتركين. ومن ثم، فإن الحفريات تعبر عن سلسلة من اللقطات السريعة (لكنها لا تعبر بعد عن فيلم مكتمل) لشجرة عائلة ضخمة؛ أي معرض لوحات فنية للحياة بأسرها.

في الوقت الذي ظهر فيه تشارلز داروين على مسرح الأحداث كي يقدم المعنى الثالث للتطور في صورة آلية فعلية — وهي الانتخاب الطبيعي — كان التطور بمفهوميه السابقين قد أصبح أمرًا مألوفًا بالفعل. وعندما يقول أحدهم إن «التطور ما هو إلا

نظرية»، فإنه يقصد بذلك الانتخاب الطبيعي، أما التطور باعتباره عملية تغير عضوية تتم مع مرور الزمن، فهو حقيقة مسلم بها.

أهو فجوة أكثر منه سجلًّا؟

إن علم المتحجرات بصفته علمًا، يجب أن يكون قائمًا على فهم متميز لتركيب الحفريات وهويتها. وعندما نقول إن شيئًا ما نادر الوجود، أو إن شيئًا آخر شائع أو واسع الانتشار، إذا استنتجنا من هذا أن بعض الظواهر تطورت بمعدل أسرع من غيرها، فإننا نكون بحاجة للتأكد من أن انتقاءنا للعينة مكتمل وشديد الدقة من الناحية الكمية.

يقع مفهوم الاستمرارية في قلب جميع أبحاث علم المتحجِّرات. من حيث المبدأ، يجب أن يقدم السجل الجيولوجي وصفًا مكتملًا ومتدرجًا وسنويًّا للحياة على الأرض، معتمدًا في ذلك على الحفريات. أما في الواقع العملي فإنه لا يقوم بذلك. في ترسبات البحيرات قد يعثر المرء على ترسيب حقيقي عامًا بعام لحفريات تمتد بصورة متواصلة على مدى بضع مئات وربما آلاف من السنوات، ولكن ليس ملايين السنوات. فعلى سبيل المثال، تقدم ترسبات بحيرة الحفريات في نيوآرك سوبرجروب بشرق أمريكا الشمالية سجلًّا ممتازًا للتغير المستمر في ممالك الأسماك في نهاية العصر الترياسي.

أدرك تشارلز داروين أن سجل رسم طبقات الأرض وحفرياته — برغم أنه كان في مقدوره (والآن تحقق هذا على نطاق واسع) أن يوثق المسار الإجمالي لعملية التطور — ربما لن يوفر مطلقًا أي دليل قاطع فيما يتعلق بكيفية حدوث التطافر لأحد أنواع الكائنات. إن لدينا فقط سجلًّا غير مكتمل لتاريخ كوكب الأرض والحياة فوق سطحه، قد يكون مفصلًا في موضع، ومرقعًا في موضع آخر، ومفقودًا في موضع ثالث. فلم تعد القطع هائلة الحجم من سجل الصخور قائمة، حيث تم تدميرها في عمليات جيولوجية لا ترحم مثل التجلد وتكتونيات الصفائح. وهناك تتابعات أخرى لم يُعثر عليها، أو طمرت في أعماق سحيقة، حتى إنه لن يكون من الممكن الكشف عنها. وقد أوجز الراحل ديريك أجر — وهو جيولوجي بريطاني كان إلى حد ما يخالف الأعراف الراسخة — الموقف في عبارة خالدة، تصف علم وصف طبقات الأرض بأنه: «فجوة أكثر منه سجلًّا.» وبأنه مثل وصف طفل لشبكة بأنها ثقوب كثيرة متصلة فيما بينها بخيط؛ مما يعني أنه يتوجب علينا أن نستخدم السجل بحذر، مما يعيد صياغة عبارة هاملت: «هناك في السماوات والأرض أشياء أكثر مما حلمنا به في علم المتحجرات الذي ندرسه.»

يبلغ إجمالي أعداد أنواع الحفريات الموصوفة، على مدار الدهر الفانروزي بأسره، حوالي ٢٥٠ ألف نوع. ولما كان هناك ما بين ١,٥ و٤,٥ ملايين نوع يعيش الآن وكان الدهر الفانروزي قد دام مدة ٥٤٥ مليون عام، فإن المشكلة تكون واضحة: إن الحفريات التي نعرفها لا تمثل بكل المقاييس سوى نسبة ضئيلة من إجمالي التنوع البيولوجي الذي كان موجودًا. وكما ناقشنا في الفصل الخامس، بعض أنواع البيئات سيكون احتمال أن تمدنا بسجل مميز للحفريات أقل من غيرها بكثير. فعلى سبيل المثال، لدينا سجل فقير عن المرتفعات، والأماكن مرتفعة الطاقة، والبيئات الرسوبية، ومعظم البيئات الاستوائية. وهناك أنواع معينة من الكائنات ليس من المرجح أن تتحول إلى حفريات. (سجل الحفريات فقير بصورة خاصة فيما يتعلق بالحشرات التي تشكل في مجموعها اليوم أكثر من ٥٠٪ من سائر الحيوانات التي تشاهد بالعين المجردة على سطح الأرض.)

عدم اكتمال السجل

وبالقدر نفسه ... الذي حدث به الانقراض على نطاق هائل، لا بد من وجود عدد هائل من الأنواع المختلفة الوسيطة على سطح الأرض. فلماذا إذن لا يمتلئ كل تكوين جيولوجي وكل طبقة من طبقات الأرض بمثل تلك الروابط الوسيطة؟ إن علم الجيولوجيا لا يكشف بالطبع عن أيٍّ من تلك السلاسل العضوية المتدرجة بصورة دقيقة؛ وربما يكون هذا هو أوضح وأقوى اعتراض يمكن إثارته على نظريتي. ويكمن التفسير — من وجهة نظري — في كون السجل الجيولوجي أبعد ما يكون عن الكمال.

تشارلز داروين «عن أصل الأنواع» (١٨٥٩)

في الوقت الذي ربما لا نتمكن فيه من معرفة أكثر من نسبة ضئيلة للغاية من «الأنواع» التي عاشت يومًا على ظهر الأرض، فلو أننا حصرنا أنفسنا في المجموعات التي من المحتمل أنها حُفظَت في السجل، مثل اللافقاريات البحرية ذات الأصداف الصلبة، فإن الموقف يصبح جيدًا إلى حد ما. وعند الفئات الأعلى مثل الفصائل والرتب، ربما يكون السجل مكتملًا بنسبة تتراوح بين ٧٠ و٩٠٪؛ وعند مستوى الجنس قد يكون بين ٥٠ و٦٠٪ أو أقل. ومن الممكن استخدام عدد من أساليب الحساب الكمي المعقدة في تقدير مدى عدم اكتمال (ومن ثم معرفة مقدار الاستفادة من) جزء محدد من سجل الحفريات. ويمكننا — على سبيل المثال — قياس معدل اكتشاف أنواع جديدة أو مجموعات أرقى

بالمقارنة بالجهود البحثية المبذولة. على سبيل المثال، في المراحل الأولى من جمع الحفريات في موقع مهم مثل سولنهوفن، ربما يزداد عدد الأنواع الجديدة المكتشفة في علاقة مباشرة مع عدد العينات التي يتم جمعها. ولكن سرعان ما تتضاءل نسبة العينات الجديدة المكتشفة، وينخفض معدل اكتشاف أجناس جديدة بسرعة أكبر، ويكون معدل انخفاض اكتشاف الفصائل والرتب أسرع من كل ما سبق.

وتتمتع مسألة الاكتمال بأهمية نظرًا لاحتمالية ألا يكشف سجل الحفريات عن الطبيعة النوعية للتطور فحسب، وإنما أيضًا عن السمات الكمية مثل معدلات التطور وأنماط التنوع بمرور الزمن. إلا أنه في واقع الأمر، القضية المحورية هنا ليست قضية اكتمال السجل في حد ذاته، وإنما مدى كفايته للإجابة عن تساؤلات محددة. ووجهة النظر الواقعية هي أنه بينما لن نتمكن قط من عمل حصر كمي للمدى الكامل للتنوع البيولوجي العالمي في سجل الحفريات، فإنه يمكننا إجراء دراسات دقيقة على أجزاء من السجل وعلى أنواع محددة من الكائنات وفئات معينة من البيئة.

الإنسان ليس معصومًا

هناك نوعان من الشرور يحدِّقان بدراسة البقايا العضوية، وهما برغم اتسامهما بشخصيتين متناقضتين، لا يمحق أيٌّ منهما تأثير الآخر كما يمكن للمرء أن يتوقع للوهلة الأولى: الأول يتكون من رغبة جامحة في العثور على بقايا عضوية مشابهة في ترسبات يفترض أنها متكافئة، حتى ولو كانت تقع على مسافات بعيدة للغاية بعضها عن بعض، والآخر الميل الذي لا يقل عنه قوة نحو اكتشاف أنواع جديدة.

هنري دي لا بيش، «كتيب جيولوجي» (١٨٣١)

وكل هذا يعني أنه مثلما هو الحال في كل ميدان من ميادين العلم، فإن تعريف القضية في المقام الأول هو أكثر المهام أهمية على الإطلاق. وبعده يمكن توفيق مجموعات البيانات مع القضية. على سبيل المثال، دراسة مجموعة معينة من مواقع الحفريات ربما تجيب عن سؤال يدور حول تطور الكائنات البحرية اللاطئة عبر فترة زمنية معلومة؛ والذي ربما يكشف عن حدوث انقراض واسع النطاق. غير أن هذا على الأرجح لن يجيب عن التساؤل عما يحدث في بحيرة مياه عذبة معاصرة، حيث ربما كان الانتواع في ذروته. إذا اكتفينا بتقدير متوسط ما كان يحدث في كلا البيئتين، فسوف نتوصل إلى استنتاج

خاطئ مفاده أن التطور كان يمضي قدمًا بمعدل «طبيعي» نوعًا ما. ومن ناحية أخرى، إذا كان نمط التغيير هو نفسه في بيئتين مختلفتين في آنٍ واحد، لكنا توصلنا إلى اكتشاف عملية ذات ظاهرة أعم.

التنوع العالمي في الدهر الفانروزي

من المفارقات أن أكثر الدراسات الكمية لتنوع الحفريات تعرضًا للمناقشة على نطاق واسع تتعلق بسؤال هو بالتحديد أكثر الأسئلة صعوبة في الإجابة عليه بدقة: كيف تغير إجمالي أعداد الأنواع على كوكب الأرض على مدار الـ ٥٤٥ مليون عام وهي فترة الدهر الفانروزي؟ في بداية الحياة على الأرض، من الواضح أنه كانت هناك أعداد أقل من أنواع الكائنات مقارنة بما هو موجود الآن. ومن ثم، من الطبيعي أن نطرح السؤال التالي: هل إجمالي التنوع لا يزال في ازدياد، وإذا كان كذلك، فلماذا؟ أو هل بلغنا الحد الأقصى (المُناظر لما يسميه علماء البيئة «سعة التحمل») منذ عهد بعيد؟ هل هناك أنماط من التأرجح يمكن التعرف عليها في معدلات نشوء أنواع جديدة، وبالتحديد في معدلات الانقراض؟ وإذا سلمنا بأن التنوع العالمي قد ازداد، فهل حدث ذلك عبر زيادات في معدل التنوع، أم أن معدلات الانقراض هي التي تناقصت؟ أم كلاهما؟ وكيف ترتبط عمليات النشوء بعمليات الانقراض بعلاقة سببية، هذا إن كانت بينها علاقة على الإطلاق؟

بل إن السؤال الأكثر صعوبة في الإجابة عليه هو: هل تغير إجمالي الكتلة البيولوجية بنمط أو أنماط محددة مع مرور الزمن؟ بمعنى أنه عندما كانت هناك في الماضي «أنواع» أقل من الكائنات، هل كان هناك عدد أكبر من «الأفراد» يشغلون نفس إجمالي الفراغ البيئي بأكمله؟

تلك أسئلة خلابة ومهمة، لا سيما عندما نتأمل مليًّا في احتمال أن السنوات العشرة آلاف الأخيرة شهدت انخفاضًا في التنوع البيولوجي العالمي. وتمثل الإجابات على تلك التساؤلات أهمية للفلكيين الذين يفكرون في تاريخ المجموعة الشمسية وما وراءها ولعلماء البيئة الذين يشغل بالهم معدل فقدان التنوع البيولوجي المعاصر والمدفوع بالتدخل البشري.

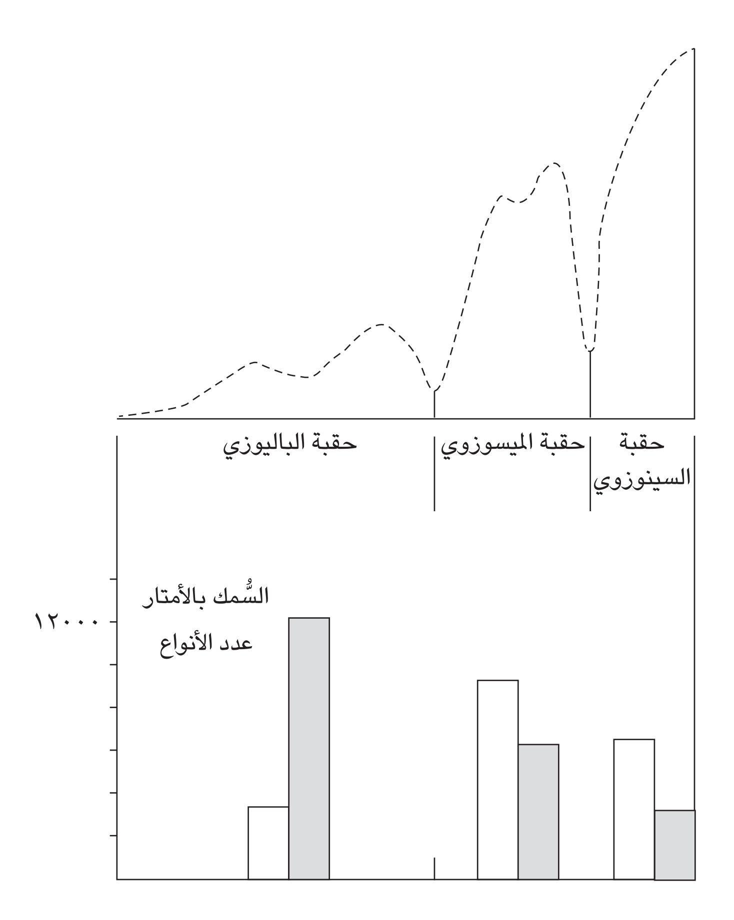
يتمتع تحليل التنوع العالمي مع مرور الزمن بخاصية جذابة؛ ألا وهي أنه من الممكن إيجازه في رسم بياني بسيط. فعندما يضع المرء إحداثيات أعداد الأنواع المختلفة من الكائنات الحفرية التي اكتُشِفت داخل عمود رسم طبقات الأرض (باستخدام الأجناس

كبديل ممثل للأنواع، ومركزين على اللافقاريات البحرية اللاطئة ذات الأصداف الصلبة)، تظهر أمامنا صورة خلابة. منذ المرة الأولى التي أجري فيها هذا العمل على يد جون فيليب بأكسفورد عام ١٨٦٠، تبيَّن أن التنوع العالمي قد ازداد مع مرور الزمن (بوتيرة غير متساوية)، حيث تبيَّن أن هناك أجناسًا وفصائل أكثر من الكائنات (وبالتبعية المزيد من الأنواع) تعيش اليوم أكثر من أي وقت مضى.

لو كانت هذه الصورة صادقة، لكانت بالغة الإثارة؛ فهي تكشف عن عالم حي يشبه كثيرًا عملًا يمضي قدمًا، لا عالم يحتفظ بحالة ثابتة نوعًا ما بلغها في الماضي السحيق. ومن شأن هذا أن يجعلنا نشرع في اختبار مجموعة من العوامل السببية المحتملة. وربما كان معناه أن طبيعة الفئات التقسيمية المختلفة (نوع، جنس، فصيلة) مستمرة في التغير مع مرور الزمن؛ حيث يصبح كلٌّ منها محصورًا أكثر وأكثر عن ذي قبل، بما يسمح بوجود المزيد من الأنواع المختلفة. وربما كان معناه ازدياد رقعة الأجزاء الصالحة للسكنى من الأرض؛ أو أن هناك بيئات معينة صارت أكثر تفرعًا وانقسامًا عن ذي قبل، وصار بها أنواع أكثر وأكثر اختلافًا من مواطن المعيشة، كلٌّ منها يحمل المزيد والمزيد من الأنواع المختلفة (المتخصصة)؛ أو أن كل نوع رئيسي مختلف من الكائنات التي ظهرت — سواء أكانت ثدييات أو حشرات — على سبيل المثال، شغلت موضعها الملائم بيئيًّا الذي كان إما خاويًا فيما مضى أو كان مستعمَرًا بصورة جزئية؛ أو أن شيئًا كيميائيًّا (لعله مقدار الأكسجين الجوي أو ثاني أكسيد الكربون، أو الحديد الذي تحويه المحيطات، أو الكالسيوم) قد تغيَّر على مستوى العالم. ربما تعرضت الدورات المحيطية والجوية لتغيرات، وعلى الأرجح تم ذلك بالارتباط مع تكتونيات الصفائح. وعلى الأرجح، كانت جميع تلك العوامل تنطبق في وقت ما من الماضي.

أدرك فيليبس ومن جاء بعده أن عددًا من العوامل بإمكانها توجيه البيانات الأولية بقوة للتحيز إلى اتجاه بعينه. أظهرت أولى حساباته بالفعل الوصول إلى ذروة التنوع في حقبة الميسوزوي، ودون شك كان هذا بسبب أن حقبة الميسوزوي كانت مُمثَّلة بكثافة في صخور بريطانيا العظمى بشكل فاق حقبتي الباليوزي والسينوزوي. وهكذا أعاد معايرة بياناته وفق سمك الطبقات المتاحة التي جُمعَت منها الحفريات. وبعدها صار جليًّا ضرورة تعديل الأرقام وفقًا لمساحة السطح المكشوفة من الطبقات أيضًا.

كان من الواضح تلقائيًّا أن انحيازًا رئيسيًّا سينجم بالضرورة عن حقيقة أننا سوف نحصل على سجل أفضل من الطبقات الأحدث للأرض؛ نظرًا لأن الصخور محفوظة



شكل ٧-١: تغير التنوع العددي بمرور الزمن، حسب تقديره لأول مرة على يد البروفيسور جون فيليبس بأكسفورد عام ١٨٦٠. بالأعلى، رؤيته التي تمسك العصا من المنتصف؛ وبالأسفل، تقديراته الحسابية لسمك الصخور بالأمتار (المظللة) وأعداد أنواع الحفريات البحرية (غير مظللة)، والتي من خلالها قام بحساب معدل الأنواع لكل مائة متر، فكان المعدل ٢٠١ لحقبة السينوزوي، و١٥٠ لحقبة الميسوزوي، و٢٦ لحقبة الباليوزي.

بشكل أفضل، وكذلك لأننا نعرف الحيوانات والنباتات المعاصرة أكثر مما نعرف تلك الأقدم عهدًا. ويطلق على هذا اسم «جاذبية الحديث»، ولا بد أنه يسهم في انطباع بأن

هناك أنواعًا تعيش الآن أكثر من أي وقت مضى. كذلك تتباين الأساليب، حيث يهيمن على بعض أجزاء السجل علماء المتحجرات الذين يميلون إلى «التقسيم»، فهم يسمون أنواعًا جديدة بناءً على اختلافات طفيفة للغاية. بينما تجد أجزاءً أخرى يسيطر عليها من يميلون إلى «التجميع»؛ أي يقومون بالعكس. وهذا مزعج بصورة خاصة للطلاب الذين يدرسون التطور البشري؛ فعلى سبيل المثال، بالنسبة لأحد المؤلفين يعد الإنسان المنتصب نوعًا واحدًا، بينما يعتبره مؤلف آخر ثلاثة أنواع أو أربعة.

يتهددنا خطر التعرض لبرهان الدائرة المفرغة عندما يتعلق الأمر بحدود رسم طبقات الأرض، والتي تحددت معظمها أصلًا اعتمادًا على وجود أو غياب أنواع معينة من الكائنات: فلو أن تلك الأنواع تبين لاحقًا وجودها على الجانب «الخطأ» من الحدود فإنها سوف تُمنح أسماءً مختلفة. وقد افترض دارسون آخرون أن الحيوانات التي تنتمي لأقاليم حيوانية أو نباتية متباعدة جغرافيًّا يجب أن تكون مختلفة، ولهذا فإن الباحثين في قارات مختلفة يصفون أنواعًا جديدة لكيانات كانت قد سميت بالفعل. وهناك مفارقة خاصة هنا عندما يتبيَّن أنه بسبب الانجراف القاري، فإن إقليمين مثل إقليم كندا البحرية وإقليم شمال غرب أوروبا كانتا متجاورين خلال حقبة الباليوزي. بل إن هناك عنصرًا «إمبرياليًّا» في هذا الأمر؛ فالباحثون الذين ينتمون لبلد ما سيطلقون أسماءً على أنواع جديدة من الخارج اعتمادًا على ما يعرفونه هم في وطنهم. فالبريطانيون الذين يعملون في بلد أجنبي ما سيتعرفون على الأنواع بصورة مختلفة عن غيرهم من الفرنسيين أو الألمان. ومن دواعي السرور، أن معظم تلك الممارسات صارت شيئًا من الماضي، لكن هذا يترك لنا مشكلة محو ما كُتب في الماضي.

بعد وضع جميع هذه العوامل معًا في الاعتبار، اتفق أربعة من رواد ذلك الميدان في ثمانينيات القرن العشرين (وهم ديفيد روب، جاك سيبكوفسكي، ريتشارد بامباخ، وجيمس فالنتاين) على وجهة نظر تقول بأن البيانات توضح لنا بصورة صادقة وجود زيادة في التنوع التصنيفي على الأرض بمرور الوقت، برغم أن الزيادة أقل وطأة بكثير مما كان يُعتقد من قبل. لكن اليوم حتى ذلك الرأي الوسطي يبدو متزعزعًا. من الواضح أن البيانات الأولية الحالية في حاجة لمراجعة شاملة، وهي مهمة ضخمة نظرًا لعدد الأنواع الموصوفة وعدد العينات في المجموعات الموجودة حاليًّا. ويجري العمل حاليًّا على تنقيح البيانات الأولية، وتشير تحليلات جديدة بالغة الدقة بالفعل إلى فكرة أكثر منطقية بكثير — وإن كانت أقل إثارة — من فكرة التنوع الذي لا ينفك عن الزيادة. ويبدو الحال —

في نهاية المطاف — أن الأرض قد حققت الحد الأقصى من التنوع التصنيفي خلال حقبة الباليوزي الوسطى، وأن التنوع الشامل كان مستقرًّا بصورة جوهرية (مع تأرجح لا يستهان به بمتوسط ما) منذ ذلك الحين.

الجيولوجيا والتطور

ربما تصل بنا دراسة باطن الأرض — لو لم يكن إلى حل مشكلة الخلق العظمى — على الأقل إلى معرفة بعض القوانين التي حكمتها في الحقب المختلفة. لقد ألقت كثيرًا من الضوء على تلك النقطة. إنها تبيِّن لنا أن الكائنات العضوية صارت أكثر وأكثر اقترابًا إلى الكمال منذ بدء الحياة على الأرض وحتى وقت ظهور الإنسان. إنها توضح لنا أنه خلال الفترة الطويلة التي تفصل الإنسان عن الظهور الأول، كان العالم يعجُّ بثورات متعاقبة؛ ولكن منذ ذلك الحين تحقق التوازن بصورة مثالية؛ مما سمح للإنسان بالانتشار في جميع أرجاء العالم.

إم روزيت، «البحث الأولي في علم الجيولوجيا» (١٨٣٥)

الانقراض: عالم المِلكة الحمراء

الانقراض هو الحقيقة العالمية الثابتة في علم المتحجِّرات. تعيش جميع الأنواع في بيئة متغيرة، تحكمها — حسبما أشار عالم المتحجرات والمُنظِّر في نظرية التطور المقيم في شيكاغو لي فان فالين (ومن المفارقات هنا أنه استقى استنتاجه الصحيح هذا من تحليل معيب) — «الملكة الحمراء» التي وردت في قصة لويس كارول «عبر المرآة»، فتقول الملكة: «نوع متبلد من البلدان. أما «هنا»، فتحتاج إلى أن تظل تركض قدر الإمكان، كي تظل في مكان واحد. وإذا أردت الذهاب إلى مكان آخر، فعليك أن تركض بضعف سرعتك على الأقل.» وفي الطبيعة، تتطور الأنواع بما يتوافق مع احتياجات البيئة، لكنها في نهاية المطاف دائمًا ما تتخلف عن اللحاق بالركب، فتُستبدل بأنواع جديدة تسقط بدورها في نهاية المطاف. معظم أنواع الحفريات لا تعيش أكثر من ٢ إلى ٤ ملايين عام، والأجناس من ٥ إلى ٢٠ مليون عام (من بين الاستثناءات طويلة العمر الرخويات ذات المصراعين، والشعاب المرجانية، والفورامينيفرا البلانكتونية).

وبعيدًا عن عملية الإحلال والتجديد المتواصلة التي تحدث للأنواع («الانقراض في الخلفية دائمًا») تكشف جميع حسابات التنوع الحفري في الدهر الفانروزي عن سلسلة

من السقطات الواضحة (عددها ستة أو سبعة) في إجمالي التنوع العالمي، موزعة على مر الزمان. توضح التحليلات وجود تباين هائل بين معدلات الانقراض والنشوء الجديد خلال تلك الفترات الزمنية القصيرة نسبيًّا من «الانقراض الجماعي». وبسبب انقراض الديناصورات، فإنه في عيون العامة يعد أشهر ضياع للتنوع ذلك الذي جاء مع نهاية العصر الطباشيري. وإذا عدنا أكثر بالزمن للوراء، لوجدنا انقراضًا أصغر في نهاية العصر الترياسي. ومن الناحية العددية، أعظم واقعة انقراض على مر التاريخ حدثت في نهاية العصر البرمي. كان هناك ما لا يقل عن ثلاث حالات انقراض جماعي في حقبة الباليوزي: في العصر الديفوني المتأخر، والعصر الأوردوفيشي المتأخر، والعصر الكمبري المتأخر. وبإضافة المستوى الأصغر من حالات الانقراض (على سبيل المثال، في الأوردوفيشي المتأخر والإيوسيني المتأخر)، حاول بعض المؤلفين إظهار أن حالات الانقراض كانت تقع على فترات يفصل بين كلٍّ منها ٢٦ مليون عام.

ربما أهم ما يمكن أن يقال عن تلك النوبات من الانقراض الجماعي أنها لم تكن عالمية. ففي نهاية العصر الطباشيري، تمكَّنت فقاريات اليابسة برغم ما تبدو عليه من هزال وضعف — مثل السلمندر، والطيور، والثدييات — من عبور تلك المرحلة. ونجت التماسيح والسلاحف من الهلاك، في حين أن الزواحف الضخمة الأخرى، والعديد من نباتات اليابسة، وجميع الأمونيتات لم تكتب لها النجاة. كان الأثر أعظم ما يكون في عالم البحار، كما كان كذلك في الانقراض الذي وقع في العصر البرمي. وُصِفت حادثة انقراض العصر الطباشيري شعبيًّا بأنها قضت على جميع الديناصورات لكنها في الواقع لم تهلك سوى القلة المتبقية من أنواع مختلفة؛ فالديناصورات كفصيل كانت في طريقها للاندثار طيلة الجزء الأخير من العصر الطباشيري. وربما كان هذا ينطبق أيضًا على الفصائل الأخرى وغيرها من حالات الانقراض. أما بالنسبة لعنصر «المفاجأة»، فإنه في حين كان يُعتقد أن حادثة انقراض العصر الطباشيري وقعت على امتداد بضعة آلاف من الأعوام على أقصى تقدير، فإن حادثة الانقراض التي وقعت في العصر البرمي ربما استغرقت مليون عام أو أكثر.

هناك احتمال كبير أن يكون نطاق حالات الانقراض تلك تعرَّض لمبالغة شديدة من خلال انحياز في سجل الحفريات. وإذا كانت تلك الانقراضات الجماعية — من ناحية أخرى — حقيقية، فلا بد أنها وقعت بسبب قوة عملت من خارج (أو عند أقصى نطاق) العمليات التقليدية التي تسير على وتيرة واحدة، وعلى امتداد نطاق زمني قابل للقياس

بالزمن البيئي لا بالزمن الجيولوجي. ومن غير المرجح أن جميعها حدثت لنفس السبب. فحالات الانقراض التي وقعت في العصرين الطباشيري والبرمي — على سبيل المثال — كانت مصحوبة بانحسار بحري جماعي ونشاط بركاني بالغ القوة نشر مساحات هائلة من الحمم البركانية على مسافات شاسعة من الأرض (شراك الدكن وسيبيريا، على التوالي). ولا يزال المزيج من التغيرات المناخية (ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة)، والتذبذبات الجوية في نسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون، والتغيرات في مستوى سطح البحر، والتغيرات في تنوع المواطن الناشئ عن إعادة الترتيب القاري والنشاط البركاني في مناطق كثيرة، لا يزال يحتل الصدارة في القوائم التي يضعها معظم الناس لأسباب حالات الانقراض الجماعي (الكلي أو الجزئي).

كما جذب تأثير الكويكبات معظم الشهرة وهو يمثل التفسير الشعبي الحالي الذي تسبب في واقعة الانقراض في أواخر العصر الطباشيري. والبرهان الرئيسي على ذلك وجود عناصر غير معتادة مثل الإيريديوم في البيئة الرسوبية المتضررة. ومن المواضع المحتملة فوهة تشيكسولوب بالمكسيك، وهي ناجمة عن اصطدام. ومن المفترض أن حادثة مثل تلك لا بد وأن أعقبها حرائق واسعة النطاق بالغابات وترسب كميات هائلة من كربون الحفريات، غير أن الأدلة على هذا غير قاطعة؛ بل إن هناك شكًّا حتى في التزامن الدقيق للاصطدام والانقراض.

إيقاع التطور وصيغه

قبل عام ١٩٤٤، كانت تهيمن على ميدان علم المتحجرات دراسات قديمة الطراز نسبيًّا في علوم التشكل والتصنيف ورسم طبقات الأرض. بعدها نشر جورج جايلورد سيمبسون كتابه الرائد «الإيقاع والصيغة في التطور»، والذي استعان فيه بتحليلات كمية وأساليب إحصائية لسبر أغوار سجل الحفريات، وتحديدًا، لجعل دراسة الحفريات تقف على قدم المساواة مع دراسة الكائنات الحية.

لا يوجد تحليل أفضل مما تسمح به البيانات الأولية، و(كما أشرت سابقًا) هناك مبرر قوي لتوخي الحذر عند التعامل مع كثير من الأرقام المستخدمة حاليًّا في علم المتحجرات. غير أن سيمبسون أوضح لعلماء المتحجرات أن البيانات التي لديهم كانت في مواضع مكتملة بالقدر الكافي لإنتاج معلومات حول التباين، وهو أحد أحجار الزاوية في فكرة الانتخاب الطبيعي التي طرحها داروين؛ فأنتج أول تقديرات كمية لمعدلات التطور،

واستنتج «معدلات تصنيفية للتطور» عن طريق قياس أطوال أعمار مختلف الأنواع أو الأجناس أو الفصائل، أو — أبسط الطرق — عن طريق وضع إحداثيات توزيع أول وآخر ظهور للكائن على مقياس زمني جيد على نحو ملائم. ويمكن التعبير عنها بأنها معدلات أيٍّ من النشوء والانقراض، ويبين البرهان أن تلك المعدلات تتباين بوضوح في داخل السلالات نفسها وفيما بين السلالات المختلفة و/أو على فترات زمنية معينة.

من الممكن تقدير معدلات التطور التشكيلي داخل سلالة ما عن طريق تسجيل الحفريات وتمييزها بسمات تشريحية معينة مثل أبعاد سن ما من الأسنان أو عدد العظام المستقلة لسقف الجمجمة. وينبع هذا العمل مباشرةً من عمل دارسي تومبسون وجوليان هكسلي على رياضيات النمو النسبي، ويؤدي بدوره إلى تحليلات لمعدلات النمو التفاضلية (التمايز الزمني) وغيرها من الظواهر الأخرى الخاصة بالنمو في الكائنات الحفرية. ومن بين الحالات الكلاسيكية التي وثق فيها علم المتحجرات التغير التطوري حالة تطور الخيول، حيث نتج عن أسلافها ذات الأصابع الخمسة، والتي كانت في حجم الكلب تقريبًا في العصر الإيوسيني، سلالات ذات ثلاثة أصابع ثم أنواع ذات إصبع واحد. وخلال عملية الازدياد في الحجم، تطورت أيضًا لدى الخيول أطراف أكثر طولًا بنسب متفاوتة (للركض) وأدمغة أطول وأسنان أطول (لمضغ الحشائش). وقد حدثت تلك التغيرات بمعدلات مختلفة في سلالات متنوعة داخل فصيلة الخيول.

قد أوضح سيمبسون أن المجموعات المختلفة تتباين وتتطور وتنقرض بمعدلات متفاوتة، وأنه من الممكن قياس تلك المعدلات. ولا يزال منهجه قائمًا إلى يومنا هذا برغم أن بياناته مع العديد من حججه توارت خلف النمو الاستثنائي الذي شهده علم المتحجرات الكمي في الخمسين عامًا الأخيرة. وكان هذا متوقعًا، ولكن الغريب أن بعض علماء المتحجرات قد اشتكوا مؤخرًا من أنه هبط بمكانة العلم الذي يدرسونه فجعله مجرد خادم لعلم الأحياء. وهم هنا يغفلون المكانة التي كان هذا العلم يحتلُّها قبل مجيء سيمبسون، والذي ندين له بالفضل العظيم؛ لأنه أوضح أن علم المتحجرات يمكنه في كثير من الأحيان الكشف عن ظواهر غير مرئية في الزمن البيئي، لكنها تحدث بنفس المبادئ. غير أنه ربما يكون من الصحيح كذلك أن سيمبسون — الذي جرؤ أن يعتبر كتابه انصهارًا بين علمي المتحجرات والوراثة — كان أكثر تفاؤلًا منا نحن اليوم بشأن مدى كفاية سجل الحفريات.

شكل التطور

كان يُعتقد دومًا فيما مضى أن سجل الحفريات الأفضل هو ذاك الذي يكشف عن تغير تطوري بطيء وتدريجي، بحيث يوضح تحول أحد الأنواع إلى نوع مختلف اختلافًا طفيفًا أو يتفرع في بطء إلى نوعين. والتطافر الدارويني للأنواع ينبغي أن يكون قابلًا للملاحظة بمجرد التسلق إلى أعلى المكان الذي جرى اكتشافه وجمع العينات بوصة بوصة وعامًا وراء آخر، وهكذا. غير أنه في عام ١٩٧٧، عثر نيلز إيلدريدج (من المتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي) وستيفن جاي جولد (من جامعة هارفرد) على نمط مختلف. وثَّق الاثنان حالات ظلت فيها الأنواع دون تطور ظاهر (في حالة ثبات تطوري)، لفترات طويلة من الزمن في السجل، ثم فجأة حل محلها أنواع وثيقة القرابة بها (من الواضح أنها من ذريتها)، فأطلقا على ذلك النمط اسم «التوازن المتقطع»، لتمييزه عن التدرج التطوري، معتبرين أن شكل التطور أقرب إلى درجات سلم منه إلى منحدر.

كان التوازن المتقطع مفهومًا ثوريًّا بحق، ويمكن أن يُفسر (على نحو خاطئ) بأنه يشير إلى طراز عتيق من فكرة «التطور القافز» (وهي الفكرة التي تقول بأن التطور يمضي قدمًا بأسلوب الوثبات المتنافرة) ويكشف (بحق) عن لمسة من الماركسية. في حقيقة الأمر، يتفق التوازن المتقطع تمامًا مع نموذج من الانتواع يتضمن العزل داخل نوع من المجتمعات الهامشية التي يكون التغير فيها سريعًا، يعقبه غزو من جديد وإحلال في الإقليم الأصلي الذي كان يسيطر فيه انتخاب يعمل أكثر على تحقيق الاستقرار. وحظيت تلك النماذج بشعبية بسبب الصعوبة التي واجهت العلماء بدونها في تفسير عدم ذوبان الأشكال الجديدة عن طريق التزاوج بين الأفراد في المجتمعات الرئيسية (وهي مشكلة راوغ داروين في التعامل معها عن طريق تبني نسخة معدلة من النظرية اللاماركية في الطبعة الخامسة من كتابه «عن أصل الأنواع»). هناك جانب مشوق من التوازن المتقطع، وهو أنه إذا كان التغير التطوري مركَّزًا في أحداث الانتواع السريع وليس تراكميًّا على امتداد تاريخ تدريجي ممتد لأي نوع، فسوف يمكن تفسير المعدلات التصنيفية المتباينة للتطور، ليس باعتبارها صيغًا مختلفة من التغير، وإنما باعتبارها محصلة مدد زمنية مختلفة لفترات من الثبات التطوري.

يزخر العلم بتفسيرات «خاصة لهذا الغرض تحديدًا» لشرح كل هذا. تشير الأدلة المستقاة من حالات تبدو فيها العديد من الأنواع المعاصرة وكأنها تتعرض لعملية «مقاطعة»، في آنٍ واحد، إلى أن أحداث الانتواع من الجائز أن تكون مدفوعة بواسطة

أحداث بيئية خارجية مباغتة نسبيًّا (مرة أخرى ليست تدريجية). تطلق إليزابيث فربا — من جامعة ييل — على هذا الأمر «فرضية التذبذب الإحلالي». في تفسير يتعلق بالنمو، يُتوقع من فئة من المجتمعات تتعرض لضغوط بيئية مستمرة أن تتراكم لديها أعداد من التغيرات الوراثية الطفيفة (غير مرئية في سجل الحفريات). وبمجرد أن تتراكم تلك التغيرات حتى تصل إلى كتلة حرجة، يقع حدث في التحكم الجيني في النمو؛ مما يؤدي بغتة إلى حدوث تغير ظاهر (أو ما نعرفه بالنمط الظاهري).

إن اختبار أيٍّ من تلك الفرضيات يضعنا في مواجهة مشكلة العينات البحثية. من المنطقي أن يتوقع المرء أن يجري تمثيل أي نوع من الأنواع بعدد من المجتمعات التي تحوي نطاقًا من التنوع داخل النوع الواحد. فإذا كان أخذ العينة من مكان بعينه يوضح وجود تغير تدريجي، فقد يعني ببساطة أن الظروف البيئية في ذلك المكان تغيرت ببطء، وأن مجموعة فرعية مختلفة من المجتمعات الموجودة تحركت نحو الفراغ البيئي الذي سحبت منه العينة. أما إذا أظهرت العينة عدم وجود تغيير، فقد يكون تفسير ذلك أن خصائص الكيان الرئيسي للنوع ربما حدث لها نوع من التغير لكن في موضع آخر، في حين تكشف الترسبات المأخوذة كعينة فقط عن مجتمع شاذ ظل ثابتًا في خصائصه.

بمجرد أن انطلق مفهوم التوازن المتقطع — مثلما هو الحال غالبًا — تبعه جدل شخصي مرير بين التقليديين والثوريين (بين «زحف» النهج التدريجي، و«قفزات» نهج التوازن المتقطع). في حقيقة الأمر، من الصعب أن نفهم لماذا يجب أن تكون مجموعة واحدة من علماء المتحجرات هم الأوصياء على «الحقيقة»، أو أن صيغة واحدة فقط من الانتواع هي الصحيحة بالنسبة لسجل الحفريات بأكمله. ربما كان أعظم مكسب جاء من وراء ذلك الجدل أنه كان السبب في بدء جهدين مهمين: تحليل دقيق للأمثلة السابقة التي اعتُقِد أنها تشير إلى التدرجية، والبحث عن ظروف جيولوجية كان فيها المقياس الدقيق للتطور عبر الزمن قابلًا للإثبات في فترة زمنية واحدة متواصلة. والسبيل الوحيد للتعامل مع المشكلة، ثم بعد ذلك معالجة كل حالة على حدة، أن نأخذ عينة من التوزيع الجغرافي الشامل لسائر الأنواع محل البحث، عبر إطار زمني يسير عامًا تلو عام حتى نحلل كلًّا من التنوع الزماني والمكاني لكل المجتمعات المشتملة خلال واقعة الانتواع. وقد تبين أن الدليل القاطع على حدوث انتواع تدريجي أو متقطع يندر الحصول عليه بسبب مشكلات صعوبة التوسع في الحصول على عينات. والرأي الحالي الذي يحظى بإجماع هو أن النماذج المختلفة — التدريجي أو المتقطع أو الجمع بينهما — لا يزال صائبًا على أزمنة مختلفة وأماكن مختلفة وكائنات مختلفة.

وتوجد هنا مفارقة؛ فمعظم الفلاسفة الأوائل زعموا من قبل أن الأنواع ثابتة ولا تتغير طبيعتها؛ ففي الفلسفة اليهودية المسيحية — على سبيل المثال — كانت الأنواع ثابتة لحظة الخلق. وهناك رأي بديل نراه في كلٍّ من التقدميين المتسامين وفي وجهة النظر التطورية التدريجية، وهي أن الأنواع قد تكون نتاجًا مختلقًا. فربما ما نراه نوعًا في الزمن البيئي مجرد لقطة سريعة التقطت اليوم لكيان ما داخل سياق تدفق متواصل. ولقد دافع معظم أنصار نظرية التطور الأوائل بشراسة عن مفهوم التطافر التدريجي للأنواع. أما التوازن المتقطع — من ناحية أخرى — فيعيدنا إلى مفهوم خضع للمراجعة عن ثبات الأنواع، وهو ما يستحق أن نستعين فيه بعبارة نجم البيسبول الأمريكي خفيف الظل يوجي بيرا: الأنواع لا تتغير إلى أن يطرأ عليها التغيير! وهو مفهوم يتطلب أن نستبدل بالمفهوم التقليدي لتحول الأنواع — أي التغير التدريجي الذي من حيث المبدأ يجب أن يكون ملحوظًا في سجل الحفريات — مخططًا لا يحدث فيه ذلك التغيير.

التحولات التطورية الرئيسية والمشكلة التطورية الكبرى

تُعرف نشأة مجموعة جديدة كبرى من الكائنات بأنها (وتظهر في سجل الحفريات في صورة) تركيبات جديدة واحتلال (الاستيلاء على) مكان بيئي جديد تمامًا. ومن أبرز الأمثلة على ذلك نشأة فقاريات اليابسة (التي لها أرجل ورئتان) من الأسماك، وكلٍّ من الطيور والثدييات من قطعان (مختلفة) من الزواحف. غير أن مثل تلك الوقائع عادة ما تكون من بين أفقر المناطق توثيقًا في السجل. وهذا يدفع المرء لأن يتساءل عما إذا كانت الندرة النسبية للحفريات الانتقالية تعكس شيئًا مميزًا في العمليات التي تتدخل في التطور، أو هل المشكلة تتلخَّص ببساطة في ملاحظة أخرى في سجل الحفريات.

في نشأة المجموعات الكبرى، يبدو أن التطور قد سار قدمًا بسرعة كبيرة غير معتادة وبقدر منخفض من التنوع. وهذا يطرح تساؤلًا عن الحد الأدنى من عدد وقائع الانتواع المطلوبة لأي من التحولات التكيُّفية الكبرى في التطور التي ينتج عنها نشأة مجموعات رئيسية جديدة (كالطيور أو الثدييات أو الحشرات، أو النباتات المزهرة). فيما مضى، كان من الضروري تفسير أي تحول تطوري رئيسي — وليكن مثلًا من الزواحف إلى الطيور — عن طريق تجميع المئات وربما الآلاف من مثل تلك الأحداث وأعداد هائلة من الأنواع كلٌّ منها لا يختلف سوى اختلاف طفيف عن الآخر. ولكن هذا التفسير «المبني على التراكم» للتطور إما أنه خاطئ أو أنه صحيح بدرجة غير كافية. ويبدو أن العديد من

مراحل التغير التطوري تتضمَّن تغييرًا يتم بمعدل لا يمكن تبريره بالتطور التدريجي البطيء. ففي نشأة المجموعات الكبرى، يبدو أن التطور بالغ السرعة، وأن الأشكال الانتقالية كانت أقل تنوعًا وأقل عددًا مما هو الحال؛ سواء لدى مجموعات الأسلاف أو الذرية. ولم يبدأ التنوع واسع النطاق من جديد إلا بعد أن تمت تجربة البنية التكيُّفية والفسيولوجيا الجديدة واختبارهما أولًا.

ويشير هذا إلى وجود فصل رئيسي بين الصيغ الشكلية (التغير في التركيب) والتصنيفية (عدد الأنواع) للتطور، أو — على أقل تقدير — معدل مرتفع من الانتواع والتغير الشكلي في نطاق سلالة محدودة دون حدوث تنوع فرعي. وقد يكون أبسط تفسير لذلك أن كل هذا عبارة عن ملاحظة نتيجة الحصول على عينات من البيئات الانتقالية. فعلى سبيل المثال، في حالة التحول من الزواحف إلى طيور، من الجائز أن الأشكال الانتقالية احتلَّت بيئة تكسوها الغابات، وهي بيئة تفتقر إلى عوامل حفظ الحفريات. ومن الجائز أيضًا أنها كانت محصورة جغرافيًّا في مساحة صغيرة. ومن الجائز أن تكون السرعة الظاهرية للتغير مرجعها ببساطة وجود فجوات في السجل؛ غير أنه من غير المحتمل أن ينطبق هذا التفسير على جميع حالات الانتقال التطوري الرئيسي.

وقد اعتقد داروين نفسه أن حالات الانتقال حدثت بقدر قليل من التنوع على مستوى الأفراد: «الأنواع الوسيطة؛ نتيجة لتواجدها بأعداد أقل من الأشكال التي ترتبط بها، سوف تُهزَم بالتدريج ويُقضَى عليها خلال مسار يحدث فيه المزيد من التعديل والتحسين.» وفي هذه الحالة، تكون الحفريات نادرة في المرحلة الانتقالية، غير أن هذا لا يفسر السرعة العالية للتغير الشكلي.

وربما يساعدنا مفهوم «الابتكار المحوري» في هذا السياق. والابتكار المحوري عبارة عن تغير شكلي أو فسيولوجي أو متعلق بالنمو، والذي قد يكون هو في حد ذاته ضعيف التأثير غير أنه يفتح المجال واسعًا أمام احتمالات جديدة. وهو ينشأ في براءة شديدة في أحد السياقات ثم يتبيَّن أنه أكثر نفعًا في سياق مختلف. وكثيرًا ما يُنظر إلى الريش باعتباره أحد تلك الابتكارات الرئيسية، والذي تطور في بادئ الأمر من أجل التحكم في درجة الحرارة. ونشأت الكائنات رباعية الأطراف من تعديلات طرأت على زعانف الأسماك كي تعيش في المياه الضحلة. ونشأت الرئة من جهاز تنفسي تكميلي و/أو جهاز خاص بالطفو، وهكذا. وفي مثل تلك الحالات، بُذل جزء كبير من العمل الشاق قبل حدوث الانتقال الفعلي.

المفهوم الثاني هو «التقدم الترابطي» (سُمِّي هكذا في إشارة من مؤلفه إلى مفهوم وضعه داروين وهو «التباين الترابطي»؛ ومن أمثلته فكرة أن جميع القطط البيضاء زرقاء العيون تكون صماء). لا يوجد جزء من جسم أي كائن مستقل عن بقية الأجزاء. أول سمكة نجحت في الاحتفاظ بفقاعة هواء داخل أحشائها خلقت في الوقت نفسه احتمالات جديدة في تبادل الغازات التنفسية، وفي التحكم في الطفو، وفي القدرة على السمع تحت الماء. وفي الأحوال العادية، تكون إمكانية حدوث تغيير في عضو ما وفي الأجهزة الفسيولوجية، ومسارات النمو، مقيدة بسبب ارتباطها بأجهزة أخرى، على مستوى الوظيفة والنمو. ولو كان كلٌّ منها بمعزل عن الآخر، لتمكَّن كلٌّ منها من التغيير إلى هذا الحد فحسب دون أن يتجاوزه. وفي التقدم الترابطي، يُفترَض أنه إذا كانت تلك الأعضاء ستتغير معًا، فإن إمكانية الابتكار هنا ستكون أكبر. فعلى سبيل المثال، في رأس الفقاريات هناك عناصر مشتركة في ميكانيكا عمل الفكين، وميكانيكا التنفس، وآليات اتخاذ الأوضاع، وآليات السمع. والتغير الذي يطرأ على أيٍّ منها من شأنه أن يحدث تأثيرًا طفيفًا، أما التغيرات التي تطرأ على عدة أجهزة منها معًا — في ظل نفس المنظومة التكيُّفية — فسوف تصير مُدعمة ذاتيًّا وسوف تُحدث أثرًا أكبر بكثير.

يصبح كلٌّ من «الابتكار المحوري» و«التقدم الارتباطي» أكثر وضوحًا وفهمًا عند ترجمتهما إلى سياق نموي لا في سياق الأفراد البالغة. على سبيل المثال، في عملية تطور الخيول، نشأت حالة الأصابع الثلاثة في الأرجل بالتوازي أكثر من مرة في العصر الميوسيني، وحالة الإصبع الواحد أكثر من مرة في العصر البليستوسيني؛ مما يشير إلى أن القوة المحركة لم تكن مجرد الانتخاب القائم على الأنماط الشكلية لدى الأفراد البالغة، وإنما كانت في صورة تحول ما طويل المدى ومؤثر في مسارات النمو والذي تمخَّض عن صفات مغايرة عمل الانتخاب على أساسها.

من بين عوامل الجاذبية في نموذج التوازن المتقطع أنه ربما يتيح إمكانية حدوث الانتواع بسرعة أكبر مما لو حدث في ظل النموذج التدريجي (بتقصير فترات الثبات التطوري). كذلك فإنه يوجهنا نحو إدراك أن الانتخاب يجب أن يعمل على أكثر من مستوى. وفي وجهة نظر هرمية بالكامل بشأن التطور، تمامًا مثلما أن هناك انتخاب على مستوى كلٍّ من الجين والفرد والمجتمع، هناك أيضًا انتخاب على مستوى النوع، وربما حتى انتخاب على مستويات أعلى. وفي هذه الحالة، ربما يرجع الاختلاف بين — مثلًا — النمط المزدحم للتطور الذي نراه في مجموعات عديدة، والذي ينتج العشرات من

الأنواع شديدة التشابه (معظمها من الحشرات والطيور الطنانة)، وبين التنوع المنخفِض لمجموعة ما في حالة انتقالية، ربما يرجع جزئيًّا إلى درجات من الانتخاب تعمل على مستوى النوع وتكون مدفوعة بقسوة الظروف البيئية. ومع تحول المجموعة سريعًا لأن تصبح أكثر كفاءة (من الناحية الشكلية والفسيولوجية والسلوكية) في التعامل مع مجموعة من الظروف الجديدة، تهدأ وتيرة انتخاب النوع ويزداد التنوع.

الحفريات الحية

وضعت نظرية داروين حول الانتخاب الطبيعي موضوع التطور برمته على الخريطة العلمية مباشرة كما خلقت نطاقًا جديدًا من التوقعات لصالح قوة علم المتحجِّرات. غير أن داروين كان مدركًا أن سجل الحفريات لم يقدم دليلًا قاطعًا على نظريته كما كان يود؛ إذ إن به العديد والعديد من الثغرات نتيجة عدم اكتمال السجل الجيولوجي. كانت هناك أيضًا تناقضات في سجل الكائنات الحية. في كتابه «عن أصل الأنواع»، شرح داروين مفهوم «الحفرية الحية» بالتفصيل. الحفريات الحية (وفي المصطلح تناقض ظاهري، إذ لا يمكن لكائن حي أن يكون حفرية) هي الاستثناءات التي تبرهن على القاعدة التطورية؛ إذ إنها تبدو أكثر حصانة من باقي المجموعات الأخرى أمام ضغوط التغيير مع مرور الزمن والانقراض الذي لا يرحم. وعادة ما ينجو نوع واحد (أو بضعة أنواع) من مجموعة كانت فيما مضى أكثر انتشارًا في سجل الحفريات العتيق.

والحفريات الحية هي آخر ما تبقى من سلالات تطورت بمعدلات أبطأ من المعتاد بصورة هائلة. إنها الكائنات الناجية من عقد بالغة القدم على شجرة التنوع العضوي، فتعرض بنيان (وربما بيولوجية وفسيولوجية وكيمياء) زمن بالغ القدم. وغالبًا ما تكون ذات قيمة عظيمة للعلم، لا سيما عندما يتعلق الأمر بإعادة بناء حياة نوع حفري يرتبط معها بصلة قرابة. ويمكننا إجمالًا وضع قائمة تحوي أسماء ما يقرب من ٣٠ إلى ٤٠ نوعًا حيًّا يندرج تحت هذه الفئة. ومن بين الأمثلة التي عرفها داروين عدة أنواع من أسماك المياه العذبة الاستوائية، ومن بينها ثلاثة أجناس من الأسماك الرئوية وكثيرات الزعانف الأفريقية، والكائن الثديي البيوض الفريد من نوعه المعروف بخلد الماء (البلاتيبوس) ذي المنقار الذي يشبه منقار البطة. وكان يرى أنه بالإمكان العثور على أمثلة أخرى في أعماق البحار.

لعل أشهر حفرية حية هي سمكة لاتيميريا كالومناي التي تنتمي لرتبة شوكيات الجوف، وهي سمكة اكتشفت لأول مرة حية في المحيط الهندي (رغم أنها لم تكن على عمق سحيق) عام ١٩٣٨؛ وهي تنتمي لمجموعة عرفت في البداية كحفريات من العصر الديفوني، غير أنه اعتُقِد أنها انقرضت مع الديناصورات. وعند مقارنة لاتيميريا المعاصرة وأسماك النيسيدات الديفونية، وُجِد أن الاختلافات بينهما — في الهيكل العظمي على أقل تقدير — قليلة بشكل مذهل. في حقيقة الأمر، كان من الواجب أن تكون رتبة شوكيات الجوف مثيرة للاهتمام قبل اكتشاف اللاتيميريا بوقت طويل؛ لأنه كان من الواضح بالفعل من المقارنة بين حفريات شوكيات الجوف التي تنتمي للعصرين الطباشيري المتأخر والديفوني أنه لم يتغيَّر فيها إلا أقل القليل. وقد أضاف اكتشاف النوع الحي العديد من الاحتمالات الجديدة للدراسة، ومن الطبيعي أن يستنتج علماء البيولوجية التطورية أن النزعة المحافظة في تطور الهيكل العظمي ربما كانت تشير إلى نزعة محافظة مماثلة في باقي بيولوجية السمكة. وعند دراسة إحدى أسماك شوكيات الجوف الحية، فإن الأمل يحدونا أن نكون بذلك وكأننا ندرس سمكة حية من العصر الديفوني. وقد كانت دراسة الميكانيكا الحيوية للسمكة شوكية الجوف الحديثة التي حصلت عليها أثناء عملي في جامعة ييل عام ١٩٦٦ واحدة من أبرز الإنجازات التي أفخر بها في سجل حياتي العلمية.

إن مفهوم «الحفرية الحية» مفهوم محير من حيث إن سلالة — وليس نوعٌ — هو ما يظل على قيد الحياة بأسلوب محافظ على نحو يدعو للإعجاب. ونحن لا نملك دليلًا يجعلنا نقول مثلًا إن النوع لاتيميريا كالومناي قد نجح في البقاء على قيد الحياة لأكثر من البضعة ملايين عام المعتادة؛ فالجنس لاتيميريا غير معروف كحفرية. وهناك قلة قليلة من الأنواع المنفردة التي يبدو بحق أنها نجحت في البقاء على قيد الحياة في سجل الحفريات — مثل ذلك النوع — مدة أطول من الفترة الزمنية المعهودة.

يجمع بين كل ما يطلق عليه اسم الحفريات الحية شيء مشترك؛ وهو أنها — باعتبارها أنواعًا أو ممثلة لسلالة — تبين وجود معدل بالغ البطء للتطور التركيبي، مصحوبًا بتنوع منخفض نسبيًّا في الأنواع مع مرور الزمن. وفي الوقت نفسه، فإن أقارب تلك المجموعات قد تطورت بصورة طبيعية، نوعًا نوعًا. فهناك أنواع تربطها صلة قرابة بعيدة بشوكيات الجوف والأسماك الرئوية التي تنتمي للعصر الديفوني — على سبيل المثال — كانوا أسلافنا نحن (وأسلاف جميع رباعيات الأقدام التي تعيش على اليابسة).

ولا يعلم أحد لماذا وكيف استمرت سلالات الحفريات الحية. اعتقد داروين أن ضغوط الانتخاب في بحيرات المياه العذبة القديمة في أفريقيا كانت — لسبب أو لآخر — أقل وطأة: «لقد عمرت حتى يومنا هذا، لكونها قطنت مساحة محصورة، ومن ثم لكونها تعرضت لمنافسة أقل حدة.» لكن هذه الإجابة لا يمكن اعتبارها إجابة تامة. فليست كل الحفريات الحية موزعة توزيعًا جغرافيًّا محدودًا؛ فسرطان حدوة الفرس (وهو المتبقي من سلالة تنتمي لحقبة الباليوزي ذات صلة قرابة بالعناكب) منتشر في جميع أنحاء العالم. وبعض الحفريات الحية ربما كان أسلوب حياتها «معممًا» وقادرًا على التكيف (وليس شديد التخصص) مما يسمح لها بمجاراة التغيرات البيئية التي قضت على الكائنات المعاصرة لها. ويجوز أن البعض منها بقي حيًّا من خلال اتباع الاستراتيجية المضادة؛ أي لأنه تكيف مع نمط حياة معين شديد التخصص ظل مكانه في البيئة دون تغيير بمرور الوقت، أو نمط حياة كانت السلسلة المتتابعة من التغيرات التي طرأت على مكانه في البيئة محايدة على مستوى القدرة على التكيف. ومن المحتمل أن معدلات التطور البطيئة في الحفريات الحية — في نهاية الأمر — هي مجرد نتاج مصادفات. ولعل من الواجب على المرء أن يعكس السؤال ويتساءل كيف ولماذا كان التطور يسير على ذلك النحو المتسارع مع كائنات أخرى؟!

الحلقات المفقودة

منذ عصر أرسطو، كان الناس ينظرون إلى العالم الحي باعتباره نسخة ما من «سلسلة الوجود» المستمرة. وقدمت نظرية التطور لهذه الرؤية إطارًا سببيًّا أكَّد على استمرارية الحياة في المكان والزمان وحولتها إلى «سلسلة الصيرورة». إلا أن سجل الأنساب الخاص بالبشر والمستقى من الحفريات يظل مليئًا بالثغرات. وهذه الثغرات مثيرة للاهتمام؛ لأننا نعلم مكانها، وما الذي يجب — بصفة عامة — أن يملأها، فنطلق على تلك الأنواع غير المكتشفة اسم «الحلقات المفقودة». فالحلقة المفقودة هي ذلك النوع أو سلسلة الأنواع المتتابعة الغائبة عن قاعدة بياناتنا بسبب وجود ثغرات في السجل، غير أنها يجب أن تكون موجودة من الناحية النظرية. فقد اكتشفت الزواحف ذات الريش/والطائر ذو الأسنان أركيوبتركس — وهو مثال نموذجي للحلقة المفقودة — بمصادفة سعيدة عام ١٨٦٠؛ مما منح واقعًا جديدًا لعالم نظرية التطور الآخذ في الازدهار. وعلى مر السنين، كرَّس المتخصِّصون في علم المتحجرات قسطًا وافرًا من جهودهم للعثور على المزيد من تلك الحلقات المفقودة.

وإذا شئنا الدقة فإن تعبير «الحلقة المفقودة» تعبير مجازي. ففي الأصل، كان يُستخدم كمصطلح تنبُّئِيٍّ، يُقصد به الإشارة إلى شيء لم يُعثر عليه بعد. ومن هذا المنطلق، يعد نظرية افتراضية. واليوم صار المصطلح يستخدم أكثر لوصف الاكتشاف نفسه، ومن هذا المنطلق صار يعبر عن تأكيد لفرضية جدلية. وفي هذا المفهوم الأخير والأوسع انتشارًا في الاستخدام، صار مصطلح «الحلقة المفقودة» تناقضًا ظاهريًّا آخر يشير إلى اكتشاف كائن ما (وبالتالي لا يعود مفقودًا)، عادةً ما يكون حفرية، يحتل موضعًا وسيطًا في سجل سلالتين ستكونان منفصلتين تمامًا بدونه.

ودائمًا ما كان مصطلح «الحلقة المفقودة» يحظى بأهمية خاصة في عالم علم المتحجرات البشرية حيث تمثل الحفريات المفقودة حلقات الوصل بيننا وبين القردة العليا، ويرجع ذلك إلى حد كبير بسبب كتابات ومحاضرات توماس هنري هكسلي، عالم التشريح والمتحجرات الكبير، والمساند الأكثر وفاءً لتشارلز داروين. ولذلك السبب أيضًا — للأسف — صار المصطلح مادة للاستغلال الشخصي منذ ذلك الحين، فكان ظرفاء العصر الفيكتوري كثيرًا ما يتندَّرون على العمال الأيرلنديين الذين كانوا في ذلك الحين ينشئون الطرق والسكك الحديدية الإنجليزية فيصفونهم بأنهم «الحلقة المفقودة في سلسلة التطور البشري».

هناك في الغالب تداخل لا يستهان به هنا مع مصطلح «الحفرية الحية»؛ فعلى سبيل المثال، عندما اكتُشفت السمكة الرئوية الأمريكية الجنوبية ليبيدوسايرين عام ١٨٣٦، كان يعتقد أنها تمثِّل الحلقة المفقودة بين الأسماك ورباعيات الأرجل؛ وهذا لا يدهشنا؛ إذ إن لديها زعانف ذات فصوص ورئتين، ونوعًا من فتحات الأنف الداخلية أو المنعر. وبالمثل يمثل الحيوان الثديي البيوض خلد الماء همزة الوصل بين الزواحف والثدييات. (للأسف، تبين أن الحفرية الحية لاتيميريا كالومناي مجرد نوع آخر من شوكيات الجوف وليست حلقة وصل مباشرة مع أصل رباعيات الأرجل.)

الفصل الثامن

الجزيئات والإنسان

ذات يوم في أواخر شهر أغسطس عام ١٩٦٣، وضعت رحالي على مسافة ما أعلى جرف صغير بالقرب من الضفة الغربية لبحيرة توركانا (وكانت حينئذ لا تزال تسمى بحيرة رودولف) بشمال كينيا، ونظرت وقد تملكتني الإثارة والرهبة وأنا أنظر إلى حفرية لضرس بشري التقطتها لتوي. كم كان مقدار الشبه بيني وبين صاحب ذلك الضرس؟ وما مدى قرابة هذا الشخص بشعب توركانا الحالي الذي يقطن تلك المنطقة؟ وكم مضى من الزمن منذ كان ذلك الشخص يعيش على وجه البسيطة؟ واجتاحني مرة أخرى ذلك الإحساس العجيب الذي تثيره الخصائص «الغريبة» و«المألوفة» للحفريات. فعلى غرار الديناصورات التي نراها (لا سيما ونحن أطفال) كائنات نصف واقعية ونصف غير واقعية، فإن الحفريات البشرية هي «منا» و«ليست منا» في آنٍ واحد؛ إننا نندهش من أوجه الشبه بينها وبيننا، ونتحير من الاختلافات بيننا وبينها كذلك، لا سيما فيما يتعلق بتلك السمات التي استخدمها أهل العصر الفيكتوري لتصوير أسلافنا على أنهم وحوش تسير في تثاقل.

ولا توجد حفريات تخلب ألبابنا أكثر من الحفريات البشرية، ولا تفتأ الاكتشافات الجديدة تتزاحم اليوم بمعدل مذهل، مما يمنح معنى جديدًا لعبارة ألكسندر بوب المأثورة: «الدراسة المثلى للجنس البشري هي الإنسان.» إن الحفريات البشرية تمنحنا منظورًا إضافيًّا عن ماهيتنا وكيف أصبحنا على هذه الحال. إنها تبين لنا كيف عاش أجدادنا وأين عاشوا، وكيف تنقلوا، وما صنوف الطعام التي اقتاتوا عليها، وكم كان يبلغ حجم أمخاخهم، بل وربما ما إذا كانوا يتكلمون أم لا. إن الحفريات تبين — على الأقل من هيئتها الخارجية — تحولنا من كائن يسير على أربع إلى كائن يسير على قدمين،

ومن آكل للعشب إلى آكل للحم والعشب معًا، وتعطينا إشارات فيما يتعلق بنمو التراكيب الاجتماعية، والذكاء، والثقافة.

يقدم لنا سجل الحفريات البشرية كذلك دراسة حالة ثرية بالمعلومات حول جميع فرص علم المتحجرات والمشكلات التي يواجهها. إنه لأمر مفيد — وإن كان محبطًا أيضًا — أن تكتب عن مجال من العلوم يعلم المرء فيه أن البيانات الأولية تتغير بصورة متواصلة كل عام، بل وكل شهر. من ناحية أخرى؛ نظرًا لأن السجل البشري يتعامل مع مادة تنتمي لعصر حديث نسبيًّا به فرصة لا بأس بها للحفظ، ولأن الهيكل العظمي يتألف من عدد هائل من السمات القابلة للقياس، من سعة القحف وحتى أدق تفاصيل الأسنان أو الأطراف، فإن باستطاعتنا تحليل التطور بالعمل على مقياس أكثر دقة وعلى مدار فترة زمنية أقصر (في نطاق عشرات الآلاف من السنين) من أغلب المناطق الأخرى في سجل الحفريات. ونتيجة لذلك، فإن السجل البشري يقدم فرصة رائعة لأن نصبح قادرين في نهاية المطاف على تحقيق إعادة بناء أكثر دقة على مستوى التفاصيل لعلم أنساب الحفريات أكثر من أي مجموعة أخرى من الكائنات.

وهنا — حيث يلتقي علم المتحجرات بعلم الآثار — يمثل أحد المواضع التي يمكن لعلم الجزيئات الحديث أن يُستغل جنبًا إلى جنب مع المعلومات الأخرى الأكثر كلاسيكية عن الحفريات، مع أن النتائج لا تتفق على الدوام. قلة من بقايا الحفريات البشرية تكون حديثة العمر بقدر كافٍ (أي عمرها أقل من ١٠٠ ألف عام) بحيث يمكننا استخلاص أجزاء من حمضها النووي. وبالاستعانة بافتراضات بسيطة عن المعدلات التي تثبت عندها الطفرات في جزيئات حمضَي آر إن إيه، ودي إن إيه، التي تحمل شفرة وجودنا ذاته، من الممكن ليس فحسب أن نتوصل إلى أي الأنواع أقرب صلة لبعضها، وإنما أيضًا أن نضع تقديرات كذلك للمدة الزمنية التي مرت منذ تفرعت السلالات التي أنجبتها. إن التحليلات الجزيئية لا تخبرنا بتوقيت نشأة البشر المعاصرين فحسب، وإنما في استطاعتها أيضًا أن تقدم لنا إجابات عن السؤال القديم عما إذا كان البشر المعاصرون (أي نحن) قضوا ببساطة على كافة الأنواع الأخرى (كإنسان نياندرتال، الذي عاش البشر المعاصرون مع آخر الموجودين من سلالته جنبًا إلى جنب تقريبًا) أم أنهم استوعبوا تلك الأنواع.

حتى منتصف القرن التاسع عشر، كانت مسألة أنه لا توجد حفريات بشرية معروفة تمثل حقيقة تجريبية، وأيضًا مسألة مبدأ أنه من الممكن ألا تكون هناك أية حفريات بشرية. وكانت مكانة البشر السامية من أقدم المعتقدات اليهودية-المسيحية التي

ظلت باقية فيما يتعلق بقصة الخلق. وعلى امتداد القرنين الماضيين، ومع إلحاح سجل الحفريات المتزايد على أهمية التوصل إلى وجهة نظر أن المملكتين الحيوانية والنباتية لا بد وأنهما تغيرتا مع مرور الأزمنة، ظلت هناك نقطتان جوهريتان تقاومان حتى آخر نفس: أن الإله هو المسئول على الأقل عن قوانين الطبيعة التي تتحكم في كل عملية الخلق (حتى لو لم يحدث ذلك في واقعة منفردة)، وأن الإنسان هو من صنع الإله المباشر، فهو مستقل عن الأحداث والعمليات والأسباب الأخرى الموجودة في الطبيعة.

وجاء اكتشاف الحفريات البشرية بوادي نياندر بألمانيا عام ١٨٥٦ كي يغير كل ذلك، ولكي يتزامن أيضًا مع طرح النظرية الداروينية، التي تَعتبر البشر خاضعين للقوانين الطبيعية نفسها التي تسري على ما عداهم في هذا العالم. وجاء الاكتشاف العظيم التالي عام ١٨٩١، عندما شرع يوجين دوبوا — تحت تأثير هومبولت — في البحث عن حفريات بشرية بإندونيسيا وحقق نجاحًا هائلًا باكتشاف إنسان جاوة — أو الإنسان المنتصب — والذي يمثل حلقة مفقودة بين الإنسان والقردة بكل ما تحمله الكلمة من معانٍ. ثم بدا أن الاكتشاف التالي للكرومانيون الأوروبي يسد الثغرة بين إنسان نياندرتال والبشر الحاليين. وبعدها في القرن العشرين، تحول الاهتمام نحو أفريقيا ونحو سلسلة من الاكتشافات عن الأطوار الأولى لأسلافنا.

في عام ١٩٢١، عُثر على جمجمة في بروكن هيل (زامبيا)، وبعدها بثلاث سنوات اكتشف رايموند دارت في جنوب أفريقيا أول أسترالوبيثكس أو ما يعرف بالقردة الجنوبية. وجاءت اكتشافات روبرت بروم في ثلاثينيات وأربعينيات القرن العشرين لتضع كلًّا من أسترالوبيثكس وبارانثروبوس بقوة عند جذور أسلاف البشر. وبعد الحرب العالمية جاءت فترة كبرى من الاكتشافات في شرق أفريقيا عند منطقة أولدوفاي جورج وغيرها من المواقع على يد إل إس بي ليكي وزوجته ماري، ثم بعدها على يد ولدهما ريتشارد. وفي سبعينيات القرن العشرين، توصل دونالد جوهانسون وآخرون لاكتشافات مذهلة في إثيوبيا. وخلال السنوات الثلاثين الماضية، أُثري تاريخ أشباه البشر الأولى بقوة مع اندلاع ثورة من الاكتشافات المثيرة في أرجاء أفريقيا وأوروبا وآسيا. وما من سبب يدعونا للاعتقاد أنها لن تتواصل لفترة طويلة.

حتى قبل اكتشاف أولى الحفريات البشرية، كان ثمة أدلة متزايدة قد أظهرت بالفعل أنه يومًا ما سيجري تتبع جذور التاريخ البشري إلى شبكة من العلاقات بين الرئيسيات الممثلة الآن في القردة والسعدانات وأقربائهما من الكائنات الحية. وكان محور ذلك

الاعتقاد أن القردة العليا الحية — إنسان الغاب (أورانجوتان) (اكتشف عام ١٧٧٨)، والشمبانزي (١٧٨٨)، والغوريلا (١٨٤٧) — مشابهة تمامًا لنا من الناحيتين التشريحية والسلوكية. وعندما وضعت قردة الشمبانزي وإنسان الغاب للعرض في حدائق الحيوان، وأُلبِست زيًّا يشبه ملابس الأطفال لإقامة حفلات شاي، كان تأثير ذلك على جمهور العصر الفيكتوري صاعقًا. ومنذ تلك اللحظة، وفي حين أن العلاقة بين الإنسان وبين شيء أشبه بسعدان ربما بدت بعيدة، فإنه على حد قول هنري هكسلي، ولو مجازيًّا على الأقل: «لن أخجل من أن يكون جدي الأكبر قردًا.»

إن مصطلح «بشري» يؤخذ على مقاصد عدة لينتهي عند معنى واحد هو نوعنا نحن فحسب؛ أي «الإنسان العاقل»، أو أفراد فصيلة البشريات التي ننتمي إليها، بجانب جميع أقربائنا المنقرضين، وأقربها ينتمي أيضًا إلى «جنسنا»: حفريات إنسان نياندرتال، وإنسان هايدلبيرج، والإنسان المنتصب، والإنسان العامل، وإنسان بحيرة رودولف، والإنسان الماهر. أما الأنواع: إنسان روديسيا، وهومو أنتيسيسور أو الإنسان الطليعي، وإنسان موريتانيكوس، وبضعة أنواع أخرى، فلا تحظى بالإجماع مثل سابقتها.

داروين في حديقة الحيوان

استلقت (جيني أنثى إنسان الغاب) على ظهرها، ثم بدأت ترفس وتصرخ، تمامًا مثل طفلة شقية، بعدها بدت شديدة التجهم، وبعد نوبتين أو ثلاث من الانفعال، قال الحارس: «جيني، إذا توقفت عن الصياح وصرت فتاة طيبة فسوف أعطيك التفاحة.» من المؤكد أنها فهمت كل كلمة مما قاله، ورغم ذلك، فقد بذلت جهدًا كبيرًا — مثل الأطفال — حتى تتوقف عن النحيب، ونجحت في نهاية الأمر وفازت بالتفاحة التي وثبت بها نحو مقعدها ذي المسند وبدأت تأكلها، وعلى وجهها يرتسم الرضا في أقصى صورة يمكن تخيلها.

تشارلز داروين، في خطاب إلى شقيقته سوزان داروين،
بتاريخ ١ أبريل ١٨٣٨

ويشمل جنس أسترالوبيثكس على: أسترالوبيثكس أفريكانوس، وأسترالوبيثكس أنامنسيس، وأسترالوبيثكس راميدوس، وأسترالوبيثكس أفارينيسيس. ويضم جنس بارانثروبوس: بارانثروبوس بويزي، وبارانثروبوس إثيوبيكوس، وبارانثروبوس روبوستوس، وجميعها عاش خلال الخمسة ملايين عام الأخيرة. وتشكل البشريات

والقرود (أو البُنجيدات) رتبة الأناسيات. ومن ثم، فإن كل البشر ينتمون إلى رتبة الأناسيات، ولكن ليس كل ما ينتمي إلى رتبة الأناسيات بشرًا.

تؤكد تحليلات دي إن إيه للأناسيات أن الشمبانزي هو أقرب أقرباء الإنسان. وفي حين أننا ربما نبدو مختلفين عن الشمبانزي من حيث الوجه ونحن كبار، فإن التشابه بين صغير الشمبانزي ومثيله من بني البشر يؤكد بقوة ما تقوله الأدلة الجزيئية. ولكن في الواقع نحن لسنا من نسل أي نوع من الشمبانزي الفعلي؛ وإنما تبين الأدلة الجزيئية أن السلالات المؤدية للبشر المعاصرين (والمنقرضين أيضًا) من ناحية، وللشمبانزي المعاصر من ناحية أخرى، افترقت منذ ما يقرب من ٦ ملايين عام مضت. وهناك ثلاثة اكتشافات حديثة نسبيًّا لكائنات من البشريات شديدة البدائية — أرديبيتيكوس من أثيوبيا (أرديبيتيكوس كادابا ويعود تاريخه إلى ٤٫٢ ملايين عام، وأرديبيتيكوس راميدوس ويعود تاريخه إلى ٤٫٥ ملايين عام)، وإنسان ساحل التشادي من تشاد (بين ٦ إلى ٧ ملايين عام)، وأورورين من كينيا (٦ ملايين عام) — والتي يبدو أنها تؤكد هذه النظرية. ومن الناحية الشكلية، تبدو قريبة من المراحل الانتقالية بين البشر والقردة؛ فهي إما سلف للقردة المعاصرة، أو للبشر، أو لكليهما.

عند النهاية المعاصرة لشجرة العائلة، قدم عدد من الدراسات الجزيئية تواريخ لأقدم سلف مشترك لجميع البشر الأحياء تتراوح بين ٤٠٠ ألف و١٢٠ ألف عام، حيث أشارت أحدث الدراسات إلى تاريخ يعود إلى ١٧٥ ألف عام تزيد أو تنقص بمقدار خمسين ألف عام. ولما كانت تلك التواريخ تقوم على استخدام دي إن إيه الميتوكندريا — والذي لا يورث إلا عن طريق الأم من خلال البويضات — فقد أطلق على تلك النقطة الأقدم في التفرع «حواء».

ولا تستطيع الأدلة القائمة على الدي إن إيه من بلوغ تاريخ قديم سحيق. الحفريات فقط هي التي يمكنها أن تخبرنا عما حدث بين نقطة افتراق الشمبانزي عن الإنسان ونشأة الإنسان المعاصر الحديث. حتى الآن، يتضح أن الفترة الزمنية الواقعة بين ٥ ملايين عام، وحوالي ٢٫٥ مليون عام مضت هيمن عليها في البداية جنس أسترالوبيثكس ثم بارانثروبوس (اللذين عاشا منذ حوالي ٢٫٧ مليون عام إلى ١٫٣ مليون عام). ولم يعثر على أيٍّ من هذين الجنسين خارج قارة أفريقيا. وأقدم أسترالوبيثكس معروف هو أسترالوبيثكس أنامنسيس (٤٫٢ ملايين عام) من كانابوي وأليا باي بكينيا. وكذلك أسترالوبيثكس أفارينيسيس، لا سيما الذي يمثله الهيكل العظمي «لوسي» الشهير من

منطقة حضر بأثيوبيا. وقد جرى اكتشاف «لوسي» على يد مجموعة يقودها دونالد جوهانسون عام ١٩٧٤، ولها شكل بدائي من الحركة على قدمين. فلا يقتصر الأمر على أن تركيب مفاصل الورك والركبة تشير إلى اتخاذها وضعا منتصبًا، وإنما آثار الأقدام من لايتولي بتنزانيا، تبيِّن بشكل قاطع حيوانًا يسير على قدمين بنوع من الخطوات الواسعة المتباعدة. وكانت تلك من بين الكائنات الأولى من البشريات التي حققت النقلة من الأحراش إلى الغابات المكشوفة التي كانت في ذلك الحين تتسع رقعتها سريعًا في جميع أرجاء الأقاليم الأفريقية، مدفوعة بمرحلة من برودة المناخ. وكانت أمخاخ تلك الكائنات لا تزال صغيرة نسبيًّا (تتراوح بين ٤٠٠–٥٠٠سم مكعب) مقارنة بجنس الإنسان، لكنها كانت كبيرة جدًّا مقارنةً بالشمبانزي. ويشير نمط اصطفاف الأسنان إلى أن النظام الغذائي كان يشهد تحولًا من نظام نباتي تمامًا يعتمد على الفاكهة والجذور والأوراق إلى نظام مختلط يتضمَّن فرائس حيوانية صغيرة. وكانت تعيش في مجموعات عائلية واسعة.

انبثق خطان تطوريان من كائن مثل الأسترالوبيثكس. كان البارانثروبوس خطًّا جانبيًّا من البشريات، كان فيه البنيان الجسماني ثقيلًا و«قويًّا». ولقد انقرضت منذ ما يقرب من ١٫٤ مليون عام، وكان آخر ممثل لها (حتى الآن) بارانثروبوس بويزي الشهير الذي اكتشفه ليكي (وكان يسمى سابقًا زنجانثروبوس)، الذي أُطلق عليه اسم الإنسان كسار البندق بسبب فكه السفلي الضخم وأسنانه الكبيرة. أما الخط الثاني فهو الذي قاد إلى جنس الإنسان.

أسلافنا المباشرون

على امتداد الثلاثين عامًا الماضية، صارت الصورة العامة للسلف المباشر للإنسان المنتصب واضحة، برغم أنه لا يزال هناك الكثير من الجهد الذي نحتاج إلى بذله في هذا الصدد. ويقدم لنا هذا الموضوع مثالًا طيبًا على الصعوبات التي تبرز عندما يدرس المرء التفاصيل الأدق في أي سلالة أو سلالات حفرية. وما من شك أنه لا تزال هناك ثغرات في الرواية. ونظرًا لأن الاكتشافات الأقدم عهدًا اتجهت أولًا نحو الأنواع الجديدة بل وحتى الأجناس الجديدة، فقد كان من الواجب بذل جهد كبير لتوضيح التصنيفات العلمية القديمة، وكان المجال متخمًا بأسماء مثل بيثاكانثروبوس (إنسان جاوة الذي اكتشفه دوبوا) وسينانثروبوس (إنسان بكين) التي لم يعد يُعتقد أنها صحيحة وقائمة. وتزداد دراسة

الحفريات البشرية تعقيدًا من خلال الحقيقة (التي لا تقدر بثمن) القائلة إنه شهريًّا تقريبًا، يتراجع «التاريخ الأقدم» لأي دليل إلى نطاق أعمق في الزمن. فقبل أقل من عشرة أعوام — على سبيل المثال — كان تاريخ هجرة الإنسان خارج أفريقيا هو قبل مليون عام؛ والآن صار منذ ٢ مليون عام. ومع اكتشاف المزيد والمزيد من الحفريات — إذا جاز لنا أن نقتبس مقولة من معلمي العجوز ألفريد شيروود رومر حول أصول الثدييات — «فإن ازدياد المعرفة يؤدي إلى غياب شديد للوضوح.»

ومن بين أكثر المهام صعوبة تثبيت الخطوط الفاصلة بين الأنواع المختلفة. قد يبدو هذا أمرًا ميسورًا عندما تكون لديك أنواع يفصل بينها عشرات الملايين من السنين، ولكن عند المقياس الدقيق للوضوح في سجل الحفريات حيث تتداخل التوزيعات وتبدو السمات التركيبية متداخلة مع بعضها، يصبح الأمر أكثر صعوبة. ويتبيَّن أن التباين على مستوى المجتمع، والنوع، بل وحتى الجنس، صعب القياس. على أية حال، فإن ما يميز حفريات البشريات عن القردة العليا (الأخرى): تقلص في حجم الأسنان، كبر حجم المخ، وقبو جمجمة ذي قبة أعلى، والجوانب المختلفة من الهيكل العظمي المتعلقة بالوقوف منتصبًا على قدمين، وفي مراحل لاحقة، نوع من الثقافة يتضمَّن أدوات مصنوعة بأسلوب بدائي.

أقدم أعضاء جنس الإنسان بتعريفه العام حاليًّا هو إنسان بحيرة رودولف، من مواقع يبلغ عمرها حوالي ٢٫٥ مليون عام تقع شرق بحيرة توركانا بكينيا، والإنسان الماهر، ويتبعهما مباشرةً الإنسان العامل والإنسان المنتصب (بيثاكانثروبوس الأصلي الذي اكتشفه دوبوا).

كيفية تمييز الأنواع

ينص قانون تاترسال على أنه إذا كان في استطاعتك التمييز بين جمجمتين وأنت تبعد عنهما مسافة خمسين خطوة، فهذا يعني أنهما تنتميان إلى جنسين مختلفين، أما إذا كان عليك أن تتفحصهما جيدًا عن قرب حتى تتعرف على الفرق، فإنهما تنتميان إلى نوعين مختلفين فحسب. لكن بالطبع هذا تبسيط مفرط للأمور …

أيان تاترسال، «أثر الحفريات» (١٩٩٥)

يفصل بعض الباحثين الإنسان المنتصب من النوع الآسيوي عن الإنسان الطليعي و/أو إنسان موريتانيكوس من النوع الأفريقي. تبلغ سعة جمجمة إنسان بحيرة رودولف

٧٠٠–٨٠٠سم مكعب؛ أما عند الإنسان الماهر فهي أصغر وتبلغ ٥٠٠–٧٠٠سم مكعب، أما الإنسان العامل فكان «مخه أكبر»؛ إذ تتراوح سعة جمجمته بين ٦٠٠–١٠٠٠سم مكعب، وعند الإنسان المنتصب ٩٠٠–١٢٠٠سم مكعب.

في توقيت ما يقع بين مليون عام و٨٠٠ ألف عام مضت، نشأ أسلاف الإنسان العاقل، ومن المحتمل أن هذه النشأة كانت من الإنسان العامل عبر الإنسان الطليعي أو (في سيناريو منافس، انظر فيما يلي) من الإنسان المنتصب. يتراوح حجم المخ في الإنسان العاقل المعاصر بين ١٢٠٠ إلى ١٨٠٠سم مكعب؛ أي ١٤٠٠سم مكعب في المتوسط. لكن عندما تضم جميع الحفريات، تجد أن الإنسان العاقل نفسه يصعب تعريفه؛ فالمخ يكون كبيرًا للغاية، والجمجمة مرتفعة ومستديرة، والوجه عمودي: ولكن إلى أي مدى كان المخ كبيرًا والجمجمة مستديرةً والوجه عموديًّا؟ وفي تناقض مع الموجة المعاصرة السائدة في مواضع أخرى من علم المتحجرات التي تقول «بالتوازن المتقطع» كنموذج للتغير التطوري، يميل الباحثون في المواد البشرية إلى رؤية الأمور بمنظور تدريجي، وقد تم التعرف حاليًّا على أنواع عديدة من الإنسان العاقل. ويبدو أن هناك شكلًا عتيقًا قد وجد من حوالي ٢٥٠ ألف عام في صورة مواد حفرية غير حاسمة من عدة مواقع أفريقية. ويأتي أفضل شكل محفوظ للإنسان العاقل «المعاصر الأول» من عينات عمرها ١٦٠ ألف عام من موقع هيرتو بأثيوبيا؛ ويعود تاريخ مواد ذات صلة جاءت من كينيا إلى ١٩٥ ألف عام. وهذا يتفق تمامًا مع بيانات «حواء» الجزيئية.

وأقدم «إنسان عاقل» معاصر بمعنى الكلمة يأتي من كهوف كلاسييس ريفر ماوث بجنوب أفريقيا وكهف قفزة بإسرائيل، ويعود تاريخه في كلا المكانين إلى حوالي ٩٠ ألف عام و١١٥ ألف عام على الترتيب. وشملت السمات المتقدمة في المكانين جمجمة كبيرة الحجم، قحف كروي الشكل، ومقدمة رأس مقببة، لكنه مع ذلك احتفظ بصفات أكثر قِدمًا، مثل اتساع المسافة بين محجري العينين، والأنف الأفطس ومنتصف الوجه المنبسط بقدر يفوق ما يميز السكان الحاليين. فيبدو أن «الإنسان العاقل» كان عبارة عن عمل لا يزال غير مكتمل بعد.

بل إن الأكثر صعوبة العثور على برهان شكلي لأصول ثقافات معقدة، وبالتبعية أول تطور لفكرة التفكير الواعي العاقل (على سبيل المثال، يصعب تحديد بداية القدرة على الحديث بدقة؛ لأن العناصر الغضروفية الرئيسية بالحنجرة لم تُحفظ، برغم أن باستطاعة المرء التوصل إلى بعض الاستدلالات من الصدر وقاعدة الجمجمة). غير أن



شكل ٨-١: اكتُشف أقدم البشر المعاصرين (عمره حوالي ١٠٠ ألف عام) في كهف قفزة بإسرائيل.

ثمة بعض المعالم الرئيسية. فصناعة الأدوات دائمًا ما كانت تعتبر (من حيث المبدأ) سمة فريدة تميز جنس «البشر»، والحقيقة أن صناعة الأدوات الحجرية الأكثر بدائية التي تعرف باسم «أولدانية» يبدو أنها بدأت منذ حوالي ٢٫٥ مليون عام، إما في أواخر عهد أسترالوبيثكس أو في عصر الإنسان العامل، وهي تسبق إلى حد ما تطور مخ أكبر بدرجة ملحوظة، والذي وقع في وقت ما في مرحلة افتراق الإنسان الماهر/الإنسان العامل. وتكوَّنت تلك الأدوات من بلطات يدوية بسيطة وشقفات حادة من الصخور تستخدم كسكاكين وكواشط، وهكذا بدأ العصر الحجري. من المفترض أن أولئك البشر الأوائل قد استخدموا في وقت سابق بكثير عن ذلك عصيًّا مشحوذة النصال — وربما كانت ذات أطراف مدببة تُصلَّب باستخدام النيران — كأدوات، غير أن أقدم دليل حفري على السيطرة على النار يعود تاريخه إلى حوالي ٧٩٠ ألف عام مضت (الإنسان المنتصب أو الإنسان العامل).

منذ حوالي ١٫٥ مليون عام مضت، حقق الإنسان العامل ابتكارًا أكثر تميزًا، وهو ابتكار يعد من زوايا عديدة تصورًا مبكرًا لتاريخ التكنولوجيا البشرية. في أدوات الحضارة الأشولية (سكين الجيش السويسري للعصر الحجري القديم)، أزيلت الشقفات من جانبي القلب الحجري (كوارتز، صوان، سبج) بحيث أمكن تشكيل أداة معقدة (بلطة) أكثر تعقيدًا يمكن استخدامها في الطعن والسحق؛ أي سكين، بل وتطورت لتصبح في نهاية المطاف رأس حربة أو رأس سهم. أي ذكاء هذا، وأي تركيبة اجتماعية أو ثقافة تمتع بها هؤلاء البشر الأوائل أصحاب المخاخ كبيرة الحجم؟ ليس في وسعنا الإجابة عن هذا التساؤل. كيف كانوا يتواصلون: بالهمهمات والإيماءات، أم بشيء أكثر تقدمًا؟ أما رسومات الكهوف فيعود تاريخها إلى حوالي ٣٥ ألف عام قبل الميلاد فقط. وأُشير مؤخرًا إلى أن صنع حبات العقود من الأصداف يعود إلى حوالي ٧٠ ألف عام قبل الميلاد. ومن ثم، لا بد أن هناك فجوة هائلة للغاية في الزمن بين تطور ما نعتبره مخًّا معاصرًا بكل ما بالكلمة من معان (وتشريح هيكلي متقدم) وبين بدء الأنماط الحديثة لاستعمال ذلك المخ.

هناك كلمة يجب أن تضاف عن إنسان نياندرتال، والذي لا يزال يستحضر في الأذهان صور رجال أشبه بالقردة متوحشين يمشون في تثاقل. الحقيقة أن البشر في عصر إنسان نياندرتال كانوا شعبًا من صيادين أذكياء ضخام الأجسام قصار القامة وأقوياء، ذوي رءوس ضخمة مطولة وذوي حواف حواجب ثقيلة جدًّا؛ وأنف كبيرة؛ وذقن صغيرة. كانوا يعيشون في تجمعات عائلية في إقليم صغير المساحة يمثل موطنهم. وكان من المعتقد فيما مضى أن إنسان نياندرتال هو سلف الإنسان العاقل؛ إذ كانت الأمور أيسر كثيرًا عندما كان عدد الحفريات المعروف قليلًا! أغلب الآراء الحالية (لكن لا يوجد إجماع) ترى أن إنسان نياندرتال نشأ بصورة مستقلة من إنسان هايدلبيرج، أو من فصيل مستقل من الإنسان المنتصب أو إنسان روديسيا. وتبين الدلائل المستقاة من علم المتحجرات أنه في بلاد المشرق، ومنذ حوالي ١٠٠ ألف عام مضت، عاش كلٌّ من الإنسان العاقل وإنسان نياندرتال في المنطقة نفسها، وربما عاشا معًا في بعض الأحيان. إن كليهما مرتبطان بأدوات حجرية متقدمة وبطقوس للدفن. في أوروبا، ربما كانت القصة مختلفة؛ إذ أعقب وصول الإنسان العاقل (منذ ما لا يزيد على ٥٠ ألف عام مضت) سريعًا انقراض إنسان نياندرتال (منذ ما يقرب من ٣٠ ألف عام). والاحتمال البديهي هو أن الإنسان العاقل تسبب في انقراض إنسان نياندرتال من خلال التنافس

على الغذاء، أو أماكن الإيواء، أو ربما عن طريق حرب مباشرة بينهما. غير أنه بالمثل ظل التساؤل يدور طويلًا عما إذا كان البشر المعاصرون تزاوجوا مع بشر نياندرتال ثم بكل بساطة طغوا عليهم وراثيًّا. وقد جرى استخلاص حمض دي إن إيه من عظام إنسان نياندرتال، وحتى الآن، لم تبيِّن التحاليل وجود أدلة على التزاوج فيما بين الاثنين. غير أن العديد من المصادر العلمية الموثوق بها تؤمن بأن ذلك التزاوج لا بد وأنه حدث بينهما، حتى إذا لم نعثر على ذرية من تلك العمليات التزاوجية.

الخروج من أفريقيا

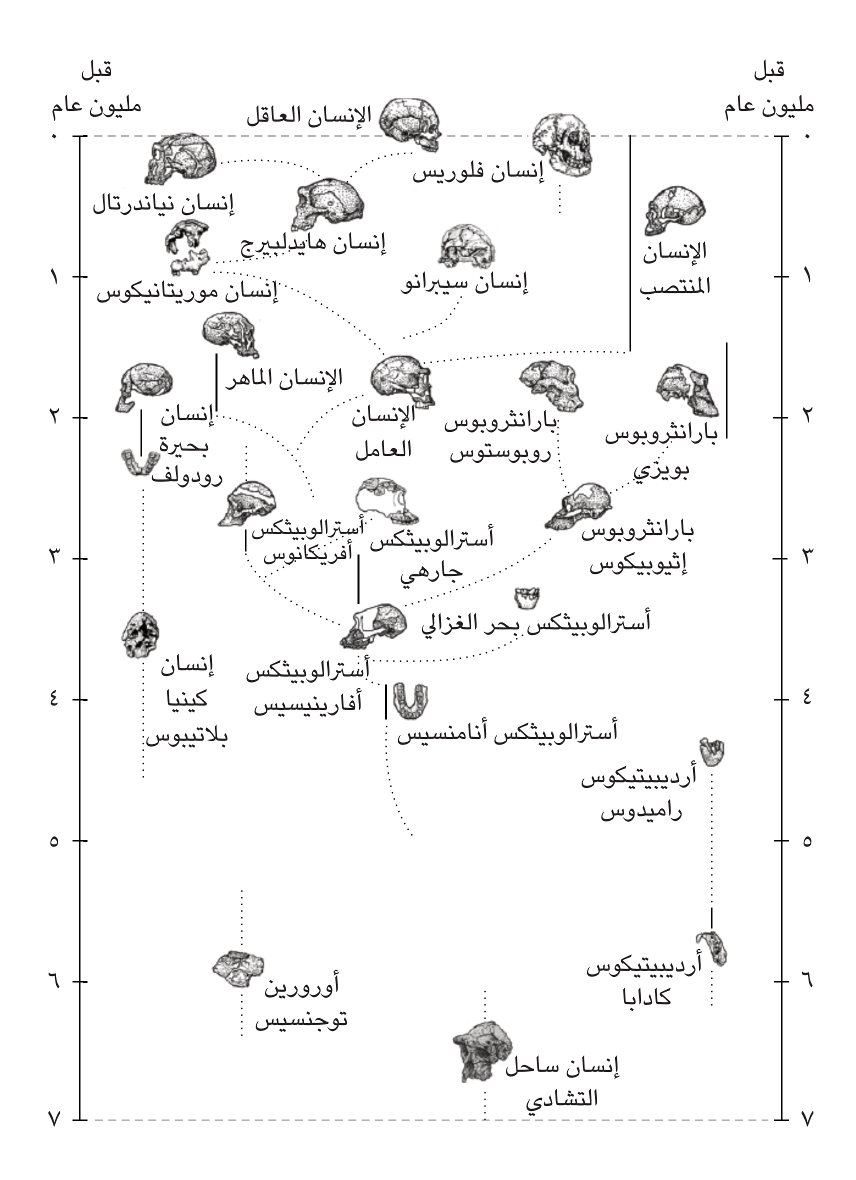
عندما كتب المؤرخ الروماني بليني الكبير (مقلدًا أرسطو) عبارة باللاتينية تعني: «هناك دومًا شيء جديد يخرج من أفريقيا.» لم يكن في مقدوره أن يتخيل إلى أي مدى كانت تلك العبارة في محلها.

بسبب العبء الثقافي الهائل، ابتليت دراسة الحفريات البشرية بعبء أثقل من المواقف النظرية — التي يعتنقها الناس عادة بدون توافر بيانات عملية أو رغم وجود بيانات تشير إلى العكس — يفوق ما تعرضت له باقي ميادين علم المتحجرات. تزخر الدراسات الإنسانية بالبحث عن الأسلاف، وكل اكتشاف جديد نجد نزعة إلى توجيهه إلى موقف محدد — فيما يتعلق بالأسلاف — في اتجاه الخط الرئيسي المتجه نحو الإنسان المعاصر بدلًا من سلوك الطريق المسدود المشابه لكنه الأرجح. فقد كان الاعتقاد لفترة طويلة — على سبيل المثال — أنه لا يمكن أن يكون هناك أكثر من نوع واحد من البشريات في أي وقت من الأوقات. كذلك تشبث علماء المتحجرات الأنثروبولوجيين بنظريات مختلفة عن ترتيب التغير في عمليات التكيف فيما يتعلق بالحركة والأسنان والمخ والثقافة، وعن أنماط تفرعات البشر في الزمان والمكان. وتطرح أحدث نظرية مهيمنة على دراسة الأصول البشرية أن أفريقيا كانت مركز جميع التفرعات التطورية البشرية. وبالفعل، الشيء الوحيد الذي تشترك فيه كل أجناس الحفريات البشرية كان أفريقيا. فلا توجد حفريات بشرية بين الفترة من ٥ ملايين عام إلى ٢ مليون عام معروفة — حتى الآن — من خارج أفريقيا.

في ظل وجود حفريات بشرية، تصبح الفرصة متاحة أمامنا لدراسة التطور بمقياس بالغ الدقة ولأن نضع فروضًا نظرية حول الهجرات السكانية. تفترض نظرية «الخروج من أفريقيا» الشهيرة أن أفريقيا كانت مصدر جميع الأنواع التي استعمرت فيما بعد

أوراسيا، بدءًا من الإنسان المنتصب، الذي انتشر خارجًا من أفريقيا نحو آسيا منذ ٢ مليون عام مضت ونحو أوروبا منذ ١٫٣ مليون عام. وتنص الأدلة من الحفريات على أن الإنسان العاقل ظهر منذ حوالي ٢٥٠ ألف عام مضت، غير أن خروجه من أفريقيا لم يحدث قبل حوالي ١٠٠ ألف عام، ولم يستعمر الإنسان «العالم القديم» بأكمله إلا منذ ٣٥ ألف عام فقط. ولأغراض المقارنة، قدرت أحدث التواريخ التي استنبطتها المقارنات الجينية بين السكان المعاصرين الأفارقة وغير الأفارقة عمر آخر سلف مشترك بين جميع نسل الإنسان العاقل غير الأفريقي بحوالي ٥٢ ألف عام، ولكن مع احتمال وجود خطأ تجريبي بزائد أو ناقص ٢١ ألف عام (وهنا يوجد عدم توافق، حيث إن الإنسان العاقل عبر حاجز المحيط إلى أستراليا منذ ما يقرب من ٦٠ ألف عام مضت). هناك أيضًا برهان وراثي على أن أعداد السكان الأولى في المجتمعات غير الأفريقية الأولى كانت صغيرة للغاية، إذ كانت في مرحلة عنق الزجاجة فيما يتعلق بالأصل، ثم مرة أخرى منذ حوالي ٣٥ ألف عام، وهو ما يتوافق من جديد مع خطوة ازدياد حجم المخ وظهور ثقافات معقدة. كان من شأن تقلص أعداد الناس إلى أعداد قليلة جدًّا أن يزيد مستوى التزاوج بين الأقرباء، وربما يفسر هذا ارتفاع نسبة الإصابة بالأمراض الوراثية لدى البشر الأحياء.

كان إنسان هايدلبيرج يعيش في أوروبا وآسيا منذ ٥٠٠ ألف عام مضت، وإنسان نياندرتال كان يعيش في أوروبا قبل الإنسان العاقل بما لا يقل عن ٥٠ ألف عام. وفي نظرية «الخروج من أفريقيا»، تسبب الإنسان العاقل في انقراض هؤلاء البشر الآخرين في سائر النطاق الذي كان يعيش فيه، دون أن يحدث تزاوج بين الجنسين. وفي هذا النموذج، لم تتميز الأعراق المعاصرة من البشر إلا خلال الستين ألف عام الأخيرة تقريبًا. أما وجهة النظر البديلة فهي «نموذج الاستمرارية متعدد الأقاليم»، التي تفترض أن الإنسان المنتصب تحول بالكامل إلى الإنسان العاقل. وبعد أن تنوعت أعراق الإنسان المنتصب، تطورت الأعراق الحالية من الإنسان العاقل بالتوازي من ذلك التنوع الأول. هذا جدل ربما لا يمكن حله من خلال الحفريات وحدها إلا إذا اتضح أن الإنسان المنتصب ينتمي إلى خط موازٍ منبثق من الإنسان العامل وليس إلى الخط الرئيسي الذي يقود إلى الإنسان العاقل على الإطلاق. إن بيانات «حواء الجزيئية» الراهنة توجهنا بقوة نحو سيناريو «الخروج من أفريقيا». ويفضل بعض الباحثين نموذجًا وسيطًا يعتمد على «الاندماج»، حيث يتزاوج فصيل مهاجر واحد من الإنسان العاقل محليًّا مع بعض السكان الأصليين من الإنسان المنتصب.



شكل ٨-٢: هذا هو أبسط تقسيم من بين العديد من التقسيمات المحتملة لسلالات الأسترالوبيثكس، والبارانثروبوس، والإنسان. ويمكننا أن نتوقع بثقة أن هذه الشجرة «العارية» سوف تمتد وتنمو سريعًا لتصبح ذات أوراق كثيفة.

ثمة ثلاث قضايا مختلفة هنا: الأولى تتعلق بما إذا كان الإنسان العاقل قد انتشر في جميع أنحاء أوراسيا من فصيل واحد ثم تنوع بعدها؛ والقضية الثانية هي هل كان هذا الفصيل أفريقيًّا؛ وأخيرًا أن هذا الافتراض بأكمله يعتمد على دراسة دقيقة لعلم أنساب الإنسان العاقل. الحقيقة هي أنه ليس لدينا مواقع بشرية خارج أفريقيا في الفترة ما بين خمسة ملايين عام إلى مليوني عام مضت تقريبًا؛ ومن ثم من الطبيعي أننا نرى الأحداث باعتبارها نشأت من بعد الخروج من أفريقيا. على أية حال، نظرًا لإيقاع الاكتشافات الجديدة في هذا الميدان، فإن من يراهن على أنه لن يجري العثور قط على تلك المواقع شخص شديد الجسارة. وبإمكاننا أن نكون على يقين أن وجهة نظرنا الحالية تجاه أسلافنا البشر ليست نهائية ولا مكتملة.

قبل خمسين عامًا، كان ميدان التطور البشري ابنًا بالتبني لعلم المتحجرات، تربكه مسألة الافتقار إلى البيانات والتدفق المفرط في النظريات. والآن، يتحول هذا الميدان إلى درس عملي في الاستخدام المشترك للحفريات والجزيئات معًا في إعادة بناء تاريخ تطور السلالات. وربما كان التاريخ التطوري لنوعنا مختلفًا عن ذلك الخاص بالأنواع الأخرى بسبب عامل الذكاء. ولعل أصول الأنواع الأخرى كانت ستبدو على هذا النحو لو نظرنا إليها من خلال الإطار الزمني الصحيح، وهي قصة معقدة تتضمَّن مجتمعات تمر عبر العديد من المآزق والعراقيل، لكنها تهاجر عبر مسافات شاسعة خلال فترات زمنية قصيرة؛ أي نوع ربما نجح في الاندماج واستيعاب أنواع ذات صلة قرابة معه، وربما أبادها تمامًا، أثناء مواصلة التقدم على الصعيدين البنائي والسلوكي. كل هذا في سياق من الدورات البيئية بين الظروف المتطرفة والمتناقضة، مع تقدم الجليد تارة وانحساره تارة أخرى وما ارتبط به من غلق وفتح لمرات اليابسة والبحار من أجل بقاء الكائنات أو هجرتها.

الفصل التاسع

ثروات وعمليات احتيال

على غرار طوابع البريد والعملات ولوحات كبار الفنانين، نجد أفضل الحفريات نادرة الوجود وباهظة الثمن بصورة تحول دون اقتنائها. والحفريات المهمة — أي تلك التي على غرار الأعمال الفنية العظيمة تفتح آفاقًا جديدة — قليلة العدد على أية حال. أما الحفريات المحفوظة بشكل متقن فتكون أكثر ندرة مقارنةً بتلك غير المكتملة أو المهشمة. وعلى النقيض من هذا، نجد المخزون الذي يبدو لانهائيًّا من الأسماك وغيرها من الحفريات التي تعود إلى تكوين جرين ريفر الذي ينتمي للعصر الإيوسيني في وايومنج كانت متوافرة وبأسعار زهيدة. ولكن لم يعد هذا متاحًا الآن: جميع الحفريات الآن صارت من الأنشطة التجارية الكبرى. حتى إن الأسعار ارتفعت بصورة جنونية خلال العقدين الأخيرين نتيجة للشهرة الطاغية التي اكتسبها علم المتحجرات والإدراك المتزايد لجاذبية حفرية جرى تجهيزها وعرضها بصورة جيدة. فالأمونيت الرديئة من المغرب الآن تُعرض في كشك عرض بسوق أكسفورد مقابل ٧٥ جنيهًا استرلينيًّا وفي مدينة نيويورك مقابل ١٥٠ دولارًا. وسمكة طولها ١٨ بوصة تسمى ديبلوميستوس (من أقرباء الرنجة) من تكوين جرين ريفر في وايومنج بيعت مؤخرًا مقابل ٢٠٠٠ دولار (مع أنها شائعة الوجود).

باعت ماري آننج أول إكتيوصور حصلت عليه من لايم ريجيس مقابل ٢٣ جنيهًا استرلينيًّا (أي حوالي ١٤٠٠ جنيه استرليني بقيمة النقود اليوم) عام ١٨١٢؛ وبعدها بعشر سنوات باعت بليزوصور مقابل ١٥٧ جنيهًا استرلينيًّا (ما يعادل حوالي ٩٠٠٠ جنيه اليوم). ووصل سعر عينة أركيوبتركس الموجودة في المتحف البريطاني ٧٠٠ جنيه استرليني في عام ١٨٦١ (أي ٣٥ ألف جنيه استرليني اليوم). وقد دفع أو سي مارش ١٠٠٠ دولار أمريكي عام ١٨٧٣ (أي ما يعادل ١٥ ألف دولار أمريكي اليوم) مقابل

تيروداكتيل من أيشتات بألمانيا، وهو هيكل رامفورينكوس كامل يوضح أغشية الجناح. اليوم، وصلت هذه الأرقام إلى عشرة أو عشرين ضعفًا. فعينة جديدة من الأركيوبترِكس من المؤكد أنها لن تباع بأقل من نصف مليون جنيه استرليني. والسعر الذي سجل رقمًا قياسيًّا في الحفريات هو ٨٫٤ ملايين دولار دفعها اتحادٌ ماليٌّ ضم المتحف الميداني للتاريخ الطبيعي بشيكاغو لشراء هيكل عظمي شبه كامل لتيرانوصور ركس «سو» عام ١٩٩٧. وتتمتع الحفريات أيضًا بقيمة لا تقدر بمال في المجال الأكاديمي. فاكتشاف حفرية واحدة ذات أهمية حقيقية من الممكن أن يشكل فارقًا في المسار الأكاديمي لصاحب الاكتشاف، ومن ثم يصبح يساوي — على مدار ٢٠ عامًا — عدة مئات من آلاف الجنيهات في الراتب والمزايا.

وبعيدًا عن الزاوية المالية، كانت هناك دومًا علاقة متوترة بين جامعي الحفريات والأكاديميين. ومرة أخرى، ترجع جذور هذه العلاقة إلى عصر ماري آننج على الأقل، عندما تنافس الباحثون مع جامعي الحفريات الهواة على شراء أفضل ما لديها من عينات. وينتاب الأكاديميون — الذين لا يمتلكون الموارد المالية التي يمتلكها بعض الأفراد المستقلين المهمين — القلق دومًا من أن أفضل العينات التي يكتشفها الجامعون التجاريون لن ترى نور العلم مطلقًا، وإنما سوف تخبأ بعيدًا في أدراج خاصة بمليونيرات غريبي الميول. إلا أن الجامعين التجاريين (وبعض المليونيرات غريبي الميول بالطبع) يعتبرون أنفسهم جزءًا مهمًّا من مؤسسة علم المتحجرات. وتضم فئة الجامعين التجاريين بعضًا من أكثر العاملين الميدانيين خبرة، ولا يقل اهتمامهم عن اهتمام الباحثين الأكاديميين فيما يتعلق بالتأكد من أن تخضع الاكتشافات الجديدة للدراسة المتأنية؛ لكنهم في الوقت نفسه يريدون أن يكسبوا قوت يومهم.

وسواء أكانت الحفريات مجرد مصدر للشهرة أو للثروة، أو لأنها تمتحن معتقداتنا الفلسفية العميقة عن تاريخ الكون ومكاننا فيه، لا عجب في أن علم المتحجرات لطالما كان مبتلًى بالزيف والخداع منذ عهد بعيد. وبعض من تلك الأشياء الزائفة جذب درجة عالية بالفعل من اهتمام العامة. والدروس المستفادة من عمليات الخداع تلك تنطبق على جميع الميادين العلمية.

إنسان بيلتداون

أشهر عملية احتيال في مجال علم المتحجرات تتعلق بأكثر الغايات بريقًا في هذا المجال، ألا وهي الحفريات البشرية. إنها بالطبع عملية تزييف إنسان بيلتداون، وتعد القصة تحفة فنية في عالم الخداع. كان تشارلز داوسون محاميًا يعيش في مدينة لويس بساسكس، وكان من الهواة الشغوفين بعلمي الآثار والمتحجرات. في عام ١٨٨٢، وعندما كان داوسون في الثامنة عشرة من عمره، قدم مجموعة مهمة من الحفريات للمتحف البريطاني (التاريخ الطبيعي)، وبعدها بثلاثين عامًا، وفي شهر فبراير من عام ١٩١٢، كتب إلى آرثر سميث وودوارد — القائم على قسم الجيولوجيا بالمتحف — يقول إنه عثر على موقع به حفريات تعود للعصر البليستوسيني في ساسكس، من بينها «جزء من جمجمة بشرية سميكة»، وبعدها بشهر أرسل إلى وودوارد ضرس حيوان فرس نهر وقال إنه عثر عليه في الموقع نفسه، ثم في النهاية في الرابع والعشرين من مايو، أخذ بعضًا من شظايا جمجمة بشرية إلى وودوارد. (تبين بعد ذلك أن داوسون قد عرض بعضًا من تلك المواد على بعض من أصدقائه من علماء الآثار الهواة في وقت سابق في عام ١٩٠٨.)

كان ذلك اكتشافًا مذهلًا بحق؛ إذ لم يكن قد عُثر من قبل على حفرية بشرية تعود للعصر البليستوسيني في بريطانيا، في حين أنه في ألمانيا كان إنسان نياندرتال معروفًا منذ عام ١٨٥٦، وكانوا قد اكتشفوا لتوهم اكتشافًا رائعًا في صورة فك هايدلبيرج؛ أي إنسان هايدلبيرج.

كان الموقع نفسه غير واعد على الإطلاق؛ إذ كان مجرد «حفرة ناتجة عن تنقيب» حيث كانوا يحصلون منه على الحصى لصيانة الطرق الزراعية في باركهام مانور، ولكن طيلة صيف ذلك العام، جمع داوسون ووودوارد المزيد من المواد المذهلة، ومن بينها عظام فك سفلي مهشمة. وإجمالًا، جمعا هيكلًا شبه كامل لحفريات بشرية وثديية إلى جانب بعض ما زُعم أنه أدوات حجرية. وأعاد المسئول الفني المصاحب لوودوارد بناء الجمجمة، التي أظهرت كائنًا ذا جبهة طويلة وفكين بارزين (بروز فكي) ولكن من الواضح أنها كانت جمجمة إنسان. وفي توافق تام مع النظرية المعاصرة، كانت حفرية داوسون تجمع بين جمجمة متقدمة نسبيًّا وبين فك بدائي نسبيًّا.

حتى ذلك الحين، كانت معرفة هذا الاكتشاف تقتصر على داوسون، ووودوارد، وبعض من موظفي المتحف، وشاب فرنسي طالب بالمعهد اليسوعي. وكان عالم المتحجرات الشغوف بيير تيلار دي شاردان — والذي أصبح فيما بعد أحد مكتشفي إنسان بكين

وفيلسوف إنسانيات كاثوليكيًّا بارزًا — قد صار صديقًا لداوسون في عام ١٩٠٩. وصاحب داوسون وودوارد في بعض عمليات التنقيب في عام ١٩١٢ ثم مرة أخرى في عام ١٩١٣.



شكل ٩-١: أظهرت إعادة البناء التي قام بها سميث وودوارد «لجمجمة بيلتداون» مخًّا معاصرًا نسبيًّا مع فك سفلي بدائي وأنياب سفلية بارزة.

وبعد تسرب أنباء الاكتشاف لصحيفة «مانشستر جارديان»، أُعلن عنه بصورة ملائمة في اجتماع الجمعية الجيولوجية بلندن في شهر ديسمبر عام ١٩١٢. وقد أتيحت للزملاء المناسبين نسخ مصبوبة من الجمجمة لدراستها، وعلى الفور نشب نزاع محتدم بين وودوارد وآرثر كيث من الكلية الملكية للجراحين. ظاهريًّا، كان النزاع عبارة عن خلاف أكاديمي على إعادة بناء الحفرية، ولكنه في الحقيقة، كان نزاعًا على «ملكية» الإنسان الأول في بريطانيا. وبيَّن كيث أن الشظايا من الجمجمة يمكن تركيبها معًا لتوافق شكل جمجمة الإنسان المعاصر. ومن ثم، فإن الأمر سيتوقف كثيرًا على الفك السفلي، والذي كان أشبه بفك قرد لكنه يفتقر إلى منطقة (المفصل) اللقمية الأساسية والارتفاق (الذقن) التي تجعل التشخيص مكتملًا. وهكذا أصبحت الأنياب السفلية — فقط إذا أمكن العثور عليها — شديدة الأهمية. فلو كان وودوارد على صواب، فلا بد

حينئذٍ أن يكون هناك ناب كبير بارز مثلما هو الحال عند القردة؛ أما لو كانت إعادة بناء كيث صحيحة، فلا بد أن تكون أصغر حجمًا مثلما هو الحال لدى الإنسان المعاصر.

في الثلاثين من أغسطس عام ١٩١٣، عثر بيير تيلار دي شاردان على ناب في موقع بيلتداون، وكان موائمًا بدقة لإعادة البناء التي نفذها وودوارد. واعترف كيث بهزيمته. غير أن النزاع القائم على بيلتداون لم ينتهِ، حتى عندما أعلن داوسون عن اكتشاف جديد بالقرب من باركام ميلز، ولا عندما أعلن عن عثوره على مواد أخرى من موقع ثالث، عند شيفيلد بارك. وأخيرًا جاء واحد من أعجب الاكتشافات من بيلتداون عام ١٩١٤ عندما التقط وودوارد أداة كبيرة منحوتة على شكل نصل مصنوعة من العظم الكتفي للفيل. وهكذا، صار لدى «الرجل الإنجليزي الأول» — حسبما أطلق وودوارد على اكتشافه — آلة فريدة من نوعها مصنوعة من العظم لا تشبه أي شيء آخر في العالم.

في وقت مبكر من عام ١٩١٣، كان ويليام كينج جريجوري الذي يعمل بالمتحف الأمريكي للتاريخ الطبيعي حذر من أن الأمر برمته ربما كان «خدعة متعمدة ... جمجمة رجل زنجي أو أسترالي مع فك قرد مهشم.» إلا أنه تحول بعد ذلك ليتبنى وجهة نظر وودوارد بسبب قوة الأدلة. وفي عام ١٩١٦، توفي داوسون وتوقفت الاكتشافات.

انتقل وودوارد بعد تقاعده للعيش بالقرب من بيلتداون، واستمر في البحث، غير أنه لم يظهر أي أثر لعظام أو لأداة حجرية مرة أخرى. وبحلول أربعينيات القرن العشرين، ومع تغير النظريات، أصبح رجل بيلتداون واقعة شاذة قميئة: إذ كان يجب أن يكون اكتشافًا في الاتجاه المعاكس؛ أي فك أكثر حداثة، وجمجمة قديمة. وفي عام ١٩٥٣، كشفت التحليلات الكيميائية عن أنه كان مزيفًا. كان من الواضح أن المتهم في هذه الخدعة هو داوسون؛ لقد أوقع بوودوارد بذكاء، ملقيًا إليه شذرات صغيرة من المعلومات ليجذبه به، ثم سمح له بأن يكون جزءًا من اكتشافات كبرى. واستُدرج القس الشاب تيلار دي شاردان كي يمنحها مزيدًا من المصداقية. وفي كل مرة كان شخص ما يعرب عن شكوكه، كان دليل جديد يظهر في الوقت الملائم.

إن قصة بيلتداون مفيدة؛ لأنها تبين لنا لماذا يرتكب الناس عمليات خداع ولماذا تنجح. لقد حظي داوسون بالقبول باعتباره عالمًا مهمًّا، ومن المؤكد أنه كان في سبيله لأن يُنتخب زميلًا للجمعية الملكية غير أنه توفي قبل ذلك. وصار وودوارد بالفعل عالمًا شهيرًا وارتقت مكانة المتحف البريطاني (للتاريخ الطبيعي). بالإضافة إلى ذلك، على الصعيد السياسي، كانت إنجلترا في حاجة لحفرية بشرية مبكرة كي تعادل الاكتشاف

من هايدلبيرج. وقد قدمه داوسون؛ لقد أنشأ خليطًا من جزء من جمجمة بشرية مع فك قرد، وتلاعب بجميع الأجزاء كي تبدو عتيقة.

وتضمَّنت الخدعة جانبًا أخيرًا من التلاعب. فعلى مدار ثلاثين عامًا، كانت المؤسسة العلمية برمتها تقف وراء ما يعرف باسم إيوهومو داوسوني (إنسان داوسون). وجعل هذا الأمر من تحدي وودوارد أو داوسون أمرًا بالغ الصعوبة. غير أنه يبدو أن أحدهم قد فعل. ذكر العديد من العاملين القدامى بالمتحف خلال سنوات عملهم الأخيرة أن شخصًا من المتحف كان متورطًا في المؤامرة. وذكر جوزيف وينر من أكسفورد — الذي كشف عملية الخداع عام ١٩٥٣ — أن الناب الشهير لم يُعالج كيميائيًّا بدقة من أجل تحديد عمره بالطريقة نفسها على غرار المواد الأخرى: وإنما تم طلاؤه فقط بطلاء زيتي كالذي يستخدمه الرسامون. وكانت الأداة العظمية سخيفة لا قيمة لها. وهناك احتمال قائم بأن شخصًا أو أكثر من موظفي المتحف الأصغر سنًّا أدركوا أن بيلتداون كان مزيفًا فقرروا أن يكشفوا الأمر للمسئولين عن طريق زرع مواد مزيفة خاصة بهم. كان أول تلك الأشياء هو الناب. غير أن المؤسسة العلمية لم تستطع التفكير في أكثر من استخدامه للتمييز بين تفسيرين لشيء مزيف على أية حال، وقالت نظرياتهم: إنه «لا بد وأنه كان حقيقيًّا.» ثم أعاد الملفقون الجدد الكرة مرة أخرى. وكان شكل الأداة العظمية من شأنه أن يفضح الأمر كله: لقد قدموا «للرجل الإنجليزي الأول» أول مضرب كريكيت خاص به! إلا أنه عندما توفي داوسون، صار الملفقون في وضع محرج باعتبارهم الأشخاص الوحيدين على قيد الحياة ممن شاركوا في عملية الخداع، وهكذا أصبح عليهم أن يحتجبوا عن الأنظار. وقد تم التعرف بصورة شبه مؤكدة على أحدهم وهو مارتن هينتون، والذي كان وقتها متطوعًا مبتدئًا في العمل بالمتحف، وكان يأمل في الحصول على وظيفة دائمة. بل وربما يكون قد تلقى مساعدة من تيلار دي شاردان؛ إذ كان هو من «عثر على» الناب، وكان سينتابه الغضب لو أنه تعرض للخديعة. ويعتقد البعض أن هينتون كان مسئولًا عن عملية الخداع بأكملها، لكن اتضح أن لداوسون «سجلًّا» سابقًا؛ فقد اختلق أشياء زائفة من قبل في علم الآثار، بأسلوب عمل مطابق يتمثل في إنتاج أدلة جديدة كلما شعر أن الأمور لا تجري في صالحه. وما زلت أرى أن داوسون هو المحرض على عملية الخداع.

إجمالًا، كانت قصة بيلتداون رواية مؤسفة؛ ليس فقط بسبب خبث داوسون، ولكن بسبب سذاجة وتعالي المؤسسة العلمية وقسوتها في كبح معارضيها.

الأحجار الكاذبة

لعل أول باحث يقع ضحية لمشكلة الحفريات المزيفة كان شخصًا من شأن نظرياته التي تنم عن خيال خصب عن أسباب تكون الحفريات أن تجعله — لولا ذلك — واحدًا من آباء علم المتحجرات. كان يوهان بارثولميو آدم بيرنجر (١٦٦٧–١٧٤٠) عميدًا لكلية الطب وطبيب البلاط الملكي بفورتسبورج بألمانيا، وكان من الشغوفين بعلم الجيولوجيا. عند محاجر مجاورة في جبل أيبلشتات في عشرينيات القرن الثامن عشر، عثر على مجموعة من الأصداف الحفرية والأمونيتات المألوفة، فبدأ في تحري أسباب وجودها، ومال في البداية لتأييد النظرية القائلة بأنها كانت نتيجة الطوفان. ونظرًا لانشغاله، عَهِد بمهمة جمع المزيد منها لثلاثة من معاونيه.

في عام ١٧٢٥، أُحضرت إليه بعض الحفريات غير العادية، بدت أنها حفريات جراد بحر، وديدان، وضفادع، ونباتات. وبدا لبيرنجر أنه: «في هذا المكان تحديدًا — والذي يبدو وكأنه إناء ممتلئ — تجمعت كل تلك الأشياء التي قسمتها الطبيعة بين النقر والكهوف والأماكن المختبئة في مقاطعات أخرى.» ومع ظهور المزيد والمزيد من الكنوز، شرع بيرنجر في تأليف كتاب عظيم عن تلك الحفريات، بل ونظَّم أيضًا حملات استكشافية إلى المحجر لزملائه كي يكتشفوا عينات خاصة بهم. غير أن اثنين من زملائه بالجامعة سرعان ما أذاعا بين الناس خبر أن حفريات بيرنجر زائفة. كذب بيرنجر ادعاءاتهم، وفي الوقت نفسه، صارت الاكتشافات أكثر غرابة وإثارة: «صور واضحة للشمس والقمر والنجوم ومذنبات متوهجة لها ذيل من اللهب.» وأخيرًا، جلب المعاونون له «لوحات حجرية رائعة ... مميزة بالاسم الأقدس للإله «يهوه» مكتوب بحروف لاتينية وإغريقية وعبرية.»

وبدلًا من التفكير في الأمر بعقلانية، كان ما وجده بيرنجر قد خلب لبه. فبدأ يضع نظريات عن أنواع جديدة من العوامل السببية في السماء. وقرر أن حفرياته لم تكن مثل «الأحجار المتكونة» الأخرى التي جاءت من الطوفان العظيم أو «نتيجة القوة الإبداعية أو التشكيلية لكيان مبتكر أو القوة الأساسية للحياة أو نظرية التبزر الشامل»، ولا هي «نتاج مصادفة لجبلنا الرائع». بدلًا من ذلك، وضع نظرية تفصيلية قائمة على خصائص الضوء تقول بأنه: «دفق من الجسيمات الشمسية الدقيقة، والذي — لكونه ذا أساس ناري — يمر من خلال الغلاف الجوي ... ويتمتع بقدرة رائعة حقًّا على تصوير ورسم وتشكيل صور الأجسام التي يقع عليها أثناء تدفقه.» ومن ثم، تساءل ألا يمكن أن



شكل ٩-٢: كان من بين الحفريات الوهمية التي نحتها منافسو بيرنجر لخداعه نوع من جراد البحر (أو ربما كان حلزون البزاق) وكتابات هيروغليفية.

نفترض أن لها «قوة نشطة وإبداعية لأن تطبع الأشكال نفسها التي التقطت صورة لها بالفعل على مادة ملائمة»؟ بعبارة أخرى — وبجدية تامة دون أدنى إشارة إلى غير ذلك — يبدو أن بيرنجر كان يضع فرضية تقول بنسخة مبكرة من عملية التصوير الشعاعي الجاف؛ فالضوء يمكنه تشكيل صور للكائنات الحية أو للكلمات على أحجار شواهد القبور، ثم ينقلها إلى «الطمي والطين والرمال والأحجار اللينة».

ثم انفجرت الفقاعة، فطُلب إجراء تحقيق، ليكشف أن بيرنجر كان ضحية بريئة (أو لنقل شديدة السذاجة) لأكثر عمليات الخداع مكرًا. كانت حفرياته الأولى حقيقية، أما كل الحفريات الأخرى فكانت زائفة. والأدهى والأمرُّ أنها لم توضع في ذلك المكان بأيدي تلاميذ على سبيل الدعابة، وإنما بأيدي زملائه المهنيين الذين قرروا أن يجردوه

من مصداقيته ويشوهوا سمعته. قام أحد «مساعديه» — وهو شاب يدعى كريستيان زانجر — بنحت ووضع المواد المزيفة للآخرين كي يأخذوها إلى بيرنجر. غير أن إجناتز رودريش — أستاذ الجغرافيا والجبر والتحليل بجامعة فورتسبورج — ولا أحد غيره، هو من دفع لزانجر مقابل فعلته. وقد ساعد جورج فون إكهارت — عضو المجلس الاستشاري الملكي وأمين مكتبة البلاط الملكي والجامعة — في تلميع تلك المواد الزائفة. وما هذه الخدعة إلا قصة صغيرة خبيثة عن المنافسات الأكاديمية.

الأركيورابتور زائف، فماذا عن الأركيوبتركس؟

لا شيء يدخل على نفوسنا السرور أكثر من نظريات المؤامرة والشماتة في مآسي الآخرين؛ أي رؤية العظماء وهم يتهاوون. في عام ١٩٨٥، طعن الفلكي فريد هويل وزميله إن ويكراماسينغ في صحة حفرية لا تدانيها حفرية أخرى وتعد بالفعل أيقونة علم المتحجرات: إنها حفرية الأركيوبتركس.

هناك ثماني عينات معروفة من الأركيوبتركس؛ أولاها كانت ريشة واحدة اكتشفت عام ١٨٦٠. وفي عام ١٨٦١، ظهرت إلى الأضواء عينة مذهلة في محاجر الحجر الجيري الذي يستخدم في الطباعة الحجرية في سولنهوفن في بافاريا وبيعت للمتحف البريطاني بلندن. وفي عام ١٨٧٧، عُثر على عينة لا تقل عنها أهمية في أيشتات وبيعت لمتحف هومبولت ببرلين. وهناك عينة عُثر عليها قبل ذلك اكتشف في النهاية أنها تقبع في أحد أدراج متحف بميونخ بعد أن صنفت خطأً على أنها تيروداكتيل. وكان أحدث اكتشاف في عام ١٩٦٠. يجمع الأركيوبتركس بين عدد من صفات الزواحف (منقار مسنن ليس قرني الشكل، وذيل عظمي طويل، وفقرات الجذع غير ملتحمة، ولا توجد عظام في اليد) مع سمات الطيور (ريش وفُرَيقة أو عظمة ترقوة). يمثل الأركيوبتركس «حلقة الوصل المفقودة» من أواخر العصر الجوراسي، وهو أقرب إلى أن يكون ديناصورًا صغيرًا كويلوصوريًّا منه طائرًا، ولكن مع وجود ريش حقيقي.

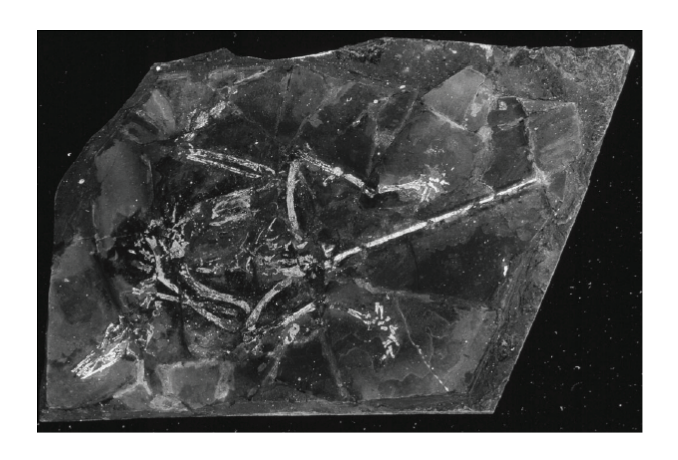
على أساس بعض الصور الفوتوغرافية غير الواضحة، زعم هويل ويكراماسينغ أن طبعات الريش على عينة المتحف البريطاني زُيِّفَت عن طريق أخذ طبقة من الحجر الجيري الأصلي مع مادة لاصقة ولصق ريش حديث عليها. وكان على متحف التاريخ الطبيعي (حسبما يسمى الآن) أن ينفق قسطًا كبيرًا من وقت وجهد العاملين فيه لإثبات ما كان واضحًا للدارسين طوال تلك الفترة؛ أي إن حفرية الأركيوبتركس أصلية. كان

هويل عالمًا متميزًا بحق وليس من الواضح لماذا بدأ هذا التحقيق بالذات، لكن تهمة التزوير التي ألقاها حصلت على زخم هائل. غير أن هذا الأسلوب كان يتفق مع شخصيته المولعة بالجدل والتشكك؛ فقد اشتهر في علم الفلك بتحدي فكرة أن الكون نشأ إثر انفجار عظيم. ولما كانت حفرية الأركيوبترکس تمثل الأيقونة الممثلة للحفريات ونظرية التطور، فقد انتهز معادو نظرية التطور الفرصة وانتشوا بذلك الاتهام بأنها مزورة، بل وكانوا سعداء بتجاهل الدليل على أنها حقيقية.

وللأسف، قدم الأركيورابتور المفترض أنه نصف طائر/نصف ديناصور — الذي عثر عليه في صخور العصر الطباشيري بالصين — مثالًا أفضل لقضيتهم. من بين الموضوعات المحتدمة في علم المتحجرات خلال السنوات الماضية قضية أصل الطيور: من أي فرع من الزواحف جاءت؟ يعتقد كثيرون أن أقرب أقرباء الطيور هي الديناصورات، وأنه في حقيقة الأمر لم تنقرض الديناصورات في نهاية العصر الطباشيري، وإنما لا تزال موجودة إلى يومنا هذا على هيئة طيور. وفي هذه الحالة، ربما كانت هناك حالات موجودة بالفعل من الديناصورات الحقيقية ذات الريش، لكنها لم تكن تمتلك بعد باقي سمات الطيور. وكان لا بد في النهاية لهذا الوحش الذي تاق الكثيرون لرؤيته أن يظهر، وحدث ذلك في عام ٢٠٠٠: ديناصور درومايوصوري ولكن بريش حقيقي، أُطلق عليه اسم أركيورابتور (والمقطع الأخير من الاسم «رابتور» يعني الطيور الجارحة، وهو وصف متخم بالمعاني في هذا المجال). كانت تلك شريحة حفرية تعود لموضع كان مصدر العديد من الأمثلة المشوقة لطيور بدائية حقيقية. وبيع الأركيورابتور مقابل ٨٠ ألف دولار لأحد هواة جمع الحفريات في الولايات المتحدة، وبدا أنه يمثل «حلقة وصل مفقودة» أفضل من الأركيوبترکس.

إلا أن أكثر العلماء الجادين كانوا متشككين في أمر هذا الاكتشاف، كما أنه لم يخضع مطلقًا لأي مراجعة نظراء علمية للنشر في أي مجلة مشهورة، وإنما أعلن عنه في مقال مطول في مجلة «ناشونال جيوجرافيك». وفي غضون عام، تبيَّن أنه عبارة عن تجميع من شرائح عدة متباينة جاءت من نفس الموقع، وجرى تركيبها بمهارة، وقد كان لتلك الحفرية ريش بالفعل، لكن فقط لأن هذا الجزء جاء من طائر حفري معروف اسمه يانورنيس، وكانت ديناصورًا لأن الأجزاء الأخرى جاءت من عدة شرائح مختلفة، كلٌّ منها عبارة عن قطع من ديناصورات.

وقد كان الدافع وراء ذلك التزييف من جانب مرتكبيه في الصين هو جني الربح لا أكثر. ولكن مرة أخرى كان قبوله — رغم محدوديته — متوقفًا على وجود أناس كانوا



شكل ٩-٣: حفرية لنصف طائر ونصف ديناصور بالفعل، لكن الأركيورابتور لم ينجح في خداع الجميع.

يتمنون أن يكون حقيقيًّا. لقد وقعوا في شرك الاعتقاد الجازم بأن هذا المخلوق لا بد وأنه كان موجودًا، وكذلك وقعوا في شرك الاندفاع ليكونوا الأول والأشهر في عالم اكتشاف أسلاف الطيور. ويرجع الفضل في هذا الأمر إلى العلماء الصينيين الذين كشفوا في أمانة حقيقة هذا التزييف.

لم يكن الأركيورابتور أول حفرية يجري «تزيينها» لزيادة قيمتها عند البيع. وأولئك الذين اشتروها ودرسوها لن يكونوا آخر المخدوعين، أو آخر من يخدعون أنفسهم. لقد عُثر منذ خديعة الأركيورابتور على حالات أكثر إقناعًا لديناصورات لها على الأقل نوع من الريش البدائي الأزغب، ومن ثم لم يكن التأثير العلمي لهذه الخدعة ذا شأن يذكر. غير أن الضرر الذي لحق بسمعة علم المتحجرات التطوري من جراء ذلك الاحتيال والتشهير بالأركيوبتركس كان أمرًا جللًا. فكما تكشف عملية بحث بسيطة على شبكة الإنترنت، قدمت تلك المواقف ذخيرة هائلة لأقل العناصر تشككًا في حركة التصميم الذكي المؤيدة لنظرية الخلق تمكنهم من توجيه سهام النقد لمجالات أخرى من علمي التطور والمتحجرات ورفضها.

الفصل العاشر

العودة إلى المستقبل

إذا عدنا بالنظر إلى الوراء إلى كيفية تغير فهمنا للحفريات وتاريخ الأرض بمرور الوقت، فإن باستطاعتنا تخمين كيف يمكن أن يتغير هذا الفهم مرة أخرى مستقبلًا. ومن الأقوال المأثورة الشائعة أن هناك علماء يعيشون الآن أكثر من كل أولئك الذين عاشوا في الماضي مجتمعين. والقول ذاته ينطبق أيضًا على الحفريات: فما جُمع من حفريات خلال الخمسين عامًا الماضية يفوق ما جُمع قبل تلك الفترة على مدار التاريخ. ولا بد في نهاية المطاف أن يصل معدل الاكتشافات إلى مستوى ثابت. في غضون ذلك، إذا حكمنا على الأمور من منطلق نمط الاكتشافات التي تمت خلال السنوات الخمس والعشرين الماضية، فمن المؤكد أن هناك منطقة معينة من الدراسة من شأن الاكتشافات الجديدة فيها أن تغير مفهومنا، وهي أول ٢٫٥ مليار عام من تاريخ الأرض والحلقات الحرجة في أواخر الدهر ما قبل الكمبري عندما ظهرت لأول مرة الأنواع الحديثة من الحيوانات والنباتات. ويمكننا أن نتوقع تحسين تقديرات تغير مسار التنوع خلال الدهر الفانروزي، وأن ننقح معرفتنا بأسباب كلٍّ من حالات الانقراض الجماعي والتنوع الجماعي للكائنات. غير أنه من المؤكد أن نسخة خاصة بعلم المتحجرات من قانون مورفي سوف تظل تقف حجر عثرة في طريقنا. وفي جميع الاحتمالات، فإنه في المستقبل، مثلما هو الآن، ستساعد الحفريات الجديدة على الأرجح على مد جذور مجموعات معينة من الكائنات إلى عصور أقدم، أكثر من تقريبها من مجموعات أخرى. وفي مقابل كل فجوة نملؤها في تاريخ الحياة، ستظهر فجوة جديدة مختلفة. حتى ونحن نعثر على المزيد من الحفريات البشرية، فستظل الملاحظة التي أبداها إدوارد إستلن كامينجز سارية: «دائمًا ما تكون الإجابة الأجمل هي التي تطرح السؤال الأجمل.»

حتى الآن، تبين أن نظرياتنا الأكثر عمومية عن الحفريات قائمة وصامدة، إلا أن التفاصيل قد تغيرت. وحتى برغم ذلك، من الصعب أن نكون على يقين لأي مدى تعد تفسيراتنا لسجل الحفريات معرضة للاتهام بأنها محملة بالنظريات بصورة مفرطة. هل يمكننا أن نتخيل إطارًا نظريًّا مختلفًا يجعلنا نراجع أفكارنا؟ على سبيل المثال، إذا قُلب التاريخ رأسًا على عقب، وكان جميع المفكرين الأوائل واكتشافاتهم في الصين أو أستراليا، أو كانت جميعها على أيدي بوذيين مثلًا، كيف كانت رؤيتنا للحفريات والتاريخ ستختلف عن الرؤية الحالية المتمركزة حول أوروبا؟

وربما تتضمَّن الأسئلة التي نطرحها في المستقبل: هل ستكون المعدلات الحالية المرتفعة لانقراض الحيوانات الضخمة أحداثًا بارزة في سجل المستقبل، أم أنها فقط ستسجل وكأنها ضوضاء بسيطة وسط ضجة أكبر، مثل فترة أكثر دفئًا بين العصور الجليدية في مسار تاريخ الحفريات؟ بعد عشرة ملايين عام من الآن — وربما قبل هذا — سوف تكون هناك إجابة على هذا السؤال؛ وهذا أحد أكثر الجوانب تشويقًا في سجل العصرين البليستوسيني والهولوسيني. حتى الآن، يبدو أن فترة المليوني عام الأخيرة — وهي فترة ضغوط بيئية عظمى وتحولات هائلة في مواطن الأنواع (ومن بينها البشر) — كانت فترة اندثارات لا بؤرة لتكوين أنواع جديدة. (لعله سيكون من بواعث السخرية حقًّا أن يكون العصر الذي اكتشفت فيه نظرية عملية للتطور هو نفسه عصر المعدلات شديدة التباطؤ لنشوء أنواع جديدة؛ مما سيجعل التأكيد العملي للنظرية أكثر صعوبة.) ولكن هل كل هذا قراءة صحيحة للسجل؟ وإذا كان كذلك، فكم من الوقت سيستمر النمط قبل أن تبدأ عمليات النشوء في الازدهار من جديد؟ وماذا سيكون الباعث عليها؟ وماذا سيتضح أنه «الحدث الهائل التالي» على المسرح التطوري: نوع آخر من البشر، أم صرصور أفضل، أم فيروس آخر؟

إن سؤال «ماذا بعد؟» مرتبط ارتباطًا وثيقًا بسؤال أعمق بكثير عن مسار التاريخ التطوري الماضي: هل كان ثمة شيء متأصل في نمط التغير التطوري أنتج الحيوات النباتية والحيوانية المعاصرة، والتي تشملنا نحن البشر بالطبع؟ إذا كان الأمر كذلك، فلو استطعنا بشكل أو بآخر أن نعيد عقارب الساعة إلى الوراء — وليكن مثلًا إلى العصر البرمي — ثم تركناها تسير للأمام من جديد، لانتهينا إلى حيث نحن الآن. إن الرأي القائل بأن النتيجة ستظل كما هي هو الرأي المفضل لدى أولئك الذين يعتبرون التاريخ موجهًا نحو النهاية، وأن الغرض من التغيير التطوري طوال الوقت كان إنتاج بشر

(والمفترض بالطبع أيضًا إنتاج الحيات ذات الأجراس، والحلزونات، وفيروس الإيدز). أما الرأي الآخر فيقول إن احتمالات أن يسلك التطور المسار نفسه بالضبط ضئيلة إلى أبعد الحدود. فالتطور كان — بالمصادفة — سينتج مجموعة مختلفة تمامًا من الكائنات؛ فالطيور والثدييات التي نعرفها — ناهيك عن الرئيسيات والبشر — ربما لم تكن ستظهر مطلقًا.

إذا نحينا الاعتبارات الدينية جانبًا من حيث إن كان هناك سبب غير مادي للكون أم لا، فإن الإجابة العلمية على هذه الأحجية أن كلا الرؤيتين للتاريخ صحيحة جزئيًّا. فالصدفة هي القوة المحركة للتطور. ولكن ما يحدث عن طريق الصدفة في كل لحظة من الزمن يعتمد إلى حد كبير على الحقيقة الثابتة لما كان موجودًا وقتها وما كان موجودًا قبلها، لا سيما في السلاسل المتعاقبة المتطورة من العمليات الجينية وعمليات النمو التي تنتج فردًا بالغًا من بيضة واحدة. وهكذا لم يتطور البشر من العناكب، وملايين السنين القادمة من التطور لن تنتج بشرًا بأجنحة الفراشات، ولا حشرات ذات غدد ثديية.

لو لم تكن الصدفة عنصرًا في المعادلة، لأمكننا التنبُّؤ بشكل من سيقطنون العالم بعد عشرة ملايين عام من الآن. وبالطبع، لو كان كل الغرض من تاريخ الأرض والتطور هو إنتاج الإنسان الحديث، فإنه خلال عشرة ملايين عام لا بد بالضرورة أن سجل الحفريات الجديد لن يُظهر أي تغيير على الإطلاق؛ إذ إن عجلة التطور ستتوقف لأن أهدافها قد تحقَّقت. وكما رأينا بالفعل أن البشر قد تغيروا كثيرًا خلال ملايين السنوات الأخيرة، فإن احتمال وقوع المزيد من التغير يبدو قائمًا بنسبة مائة في المائة.

لم يكن تكوين الحفريات ونشوء الطبقات الصخرية شيئًا حدث في الماضي وانتهى. فاليوم، وفي كل مكان حولنا، تتراكم حفريات جديدة محتملة في الطبقات الرسوبية؛ فتحت سطح الأرض مباشرةً هناك أدلة على عمليات مماثلة بدأت ربما من ألف عام أو مائة ألف عام أو مليون عام مضت، وتتواصل العملية. بل وهنا نتساءل، هل تنتج الاتجاهات المناخية السائدة حاليًّا والاستخدامات البيئية مستوى مرتفعًا بصورة غير معتادة من التآكل والترسيب كي يحتوي على تلك الحفريات؟

أيٌّ من كائنات المملكتين الحيوانية والنباتية المعاصرة يرجح أن يحفظ على هيئة حفرية؟ وكما تقول الدعابة القديمة، فإن الطبقات التي تتراكم في أيامنا هذه سوف يطلق عليها في النهاية «التكوين القمامي»، مع تراكمات من القمامة والنفايات التي يلقي بها مجتمعنا الاستهلاكي اللامبالي. وسوف تكون الحفريات المميزة لهذا العصر عبارة

عن تركيزات من كريات كبيرة ومجهرية الحجم من مادة ستايروفوم وغيرها من أنواع البلاستيك، وقد بدأت تظهر بالفعل في الرسوبيات البحرية في جميع أنحاء المعمورة. وإذا كنا نتعجَّب من أين جاء كل هذا الإيريديوم الذي يميز الرسوبيات المتراكمة من العصر الطباشيري — وهو عند حدود العصر الثلاثي (وحالات الانقراض) — فسوف يكون خلفنا على الأرض حائرين كذلك بالمستويات غير العادية من الحديد، والألومنيوم، والزجاج والمستويات المرتفعة بصورة غير عادية من المواد المشعة في العصر الهولوسيني. كذلك سيكتشف علماء الآثار في المستقبل — وكذلك المخلوقات التي سترث الأرض بعد أن ننقرض جميعًا — أن أكثر حفريات العصر القمامي انتشارًا عبارة عن حيوانات مستأنسة كالدجاج، والخراف، والأبقار، يتبعها مباشرة الخيول والقطط والكلاب. وفي تناقض درامي مع ترسبات العصر قبل الهولوسيني، سوف تكون البقايا البشرية وفيرة، وكل هذه دلائل على انفجار سكاني هائل بعد عصر جليدي. أما بالنسبة لحالات الانقراض، فإنهم سوف يبحثون عن تفسيرات معقدة لحقيقة أن العديد من أبرز حالات الانقراض كانت في الحيوانات الضخمة، غير أن الارتباط بين ازدياد أعداد السكان من البشر وبين التحولات الكبرى الأخرى في تنوع الكائنات سيكون مذهلًا.

ونظرًا لشغفنا الدائم بدفن الأشياء في حفر داخل الأرض (ليس فقط بعضنا بعضًا، ولكن — على سبيل المثال — النفايات المنزلية التي ندفنها في الرمال وحفر الحصى التي تعود للعصر البليستوسيني، ومحاجر الحجر الجيري التي ترجع للعصر الكربوني، والمناجم من مختلف العصور)، سوف تظهر بقايا ثقافتنا في بعض التكوينات الجيولوجية الغريبة. وسيكتشف علماء طبقات الأرض المستقبليون أيضًا أننا نقلنا كميات كبيرة من الصخور من مكان إلى آخر، ومعها ما بها من حفريات بالطبع.

غير أن بعضًا من أكثر الألغاز صعوبة التي سيواجهها خلفنا على الأرض سوف يتعلق بتوزيع الحيوانات والنباتات. فمن الترسبات التي يعود تاريخها إلى حوالي ٢٠٠ عام، سوف يكتشفون أن أعدادًا هائلة من الكائنات — من الحشائش إلى الخيول — قد توسعت في موطنها فجأة. كيف سيفسرون الظهور الذي يبدو أشبه بمعجزة للأرانب الأوروبية والعصفور الدوري الشائع في أستراليا، أو نبات الذرة في أوروبا؟ وبين الحين والآخر، سوف يكتشف علماء المتحجرات المستقبليون أمرًا تحار له العقول، مثل هيكل عظمي لحيوان من حيوانات حديقة الحيوان، مثلًا فيل هندي في المكسيك، أو تابير في فرنسا، أو نمور في أستراليا، أو كوالا في روسيا. كيف أمكن حدوث ذلك؟ قد يتساءلون

أيضًا كيف يمكن أن توجد بقايا حيوان بالغ الندرة مثل الباندا العملاقة في جميع أنحاء العالم، قبل مدة وجيزة من انقراضها؟

سوف تمثل الخيول على الأخص لغزًا مثيرًا للاهتمام في المستقبل؛ لأن سجل الحفريات للخيول الحديثة سوف يكون حافلًا. يوضح السجل الحالي أن الحصان قد انقرض في أمريكا الشمالية منذ حوالي ١٠ آلاف عام، ولم يكن موجودًا قط في أمريكا الجنوبية. ثم أعيد إدخاله إلى أمريكا الشمالية على أيدي الإسبان، ومنذ حوالي مائتي عام كان يزدهر في البرية في القارتين. فهل سيمكن تمييز إعادة إدخال الخيول إلى أمريكا الشمالية في سجل الحفريات، أم سيتم التغاضي عن فجوة العشرة آلاف عام بين آخر الخيول الأمريكية الأصيلة وبين إعادة إدخال تلك الحيوانات إليها باعتبارها خطأً فنيًّا في سجل يسير في سلاسة؟

أما على الجانب الإيجابي، فبعد ٥٠ مليون عام من الآن، ستكون الترسبات الهائلة من المواد العضوية التي تترسب الآن (فيما يخلق مشكلة هائلة) في شكل قمامة ومخلفات الصرف الصحي التي تُلقى في وديان الأنهار وحول سواحلنا، قد كونت احتياطيات جديدة من الفحم والغاز الطبيعي والنفط. الورق وحده سوف يكون مسئولًا عن تكوين ترسبات هيدروكربونية هائلة. أما ما ليس معلومًا فهو سمك تلك الطبقات: كم ستطول الحقبة القمامية. تعتمد الإجابة على هذا السؤال بقدر كبير على التاريخ الجليدي للأرض. فالكثير من سجل العصر الثلاثي لسطح الأرض مفقود من أوروبا وأمريكا الشمالية، بعد أن جرفته التكوينات الجليدية في العصر البليستوسيني. ولو عادت الأنهار الجليدية بقوة وبأعداد هائلة من جديد بعد ١٠٠ ألف عام من الآن، فإن المباني وغيرها من أدلة الحضارة في أوروبا وأمريكا الشمالية سوف تعود مرة أخرى إلى الأرض لتتحول إلى طمي غني بالكربون والبلاستيك والمعادن ثم تترسب من جديد في مكان آخر، على الأرجح في البحار. ويومًا ما، من سيعيد اكتشاف رسوم كهوف العصر الحجري قد يتساءل: ماذا حل بأولئك القوم؟

قراءات إضافية

Anna K. Behrensmeyer and Andrew P. Hill, *Fossils in the Making* (University of Chicago Press, 1980).

David J. Bottjer, Walter Etter, James W. Haagdorn, and Carol M. Tang, *Exceptional Fossil Preservation* (Columbia University Press, 2001).

Peter J. Bowler, *Evolution: The History of an Idea,* 3rd edn. (University of California Press, 2003).

D. E. G. Briggs and P. R. Crowther, *Palaeobiology II* (Blackwell Publishing, 2003).

Eric Buffeteau, *A Short History of Vertebrate Palaeontology* (Croom Helm, 1987).

Deborah Cadbury, *The Dinosaur Hunters* (Fourth Estate, 2000).

Edwin H. Colbert, *Men and Dinosaurs* (Dutton, 1966).

A. Cutler, *The Seashell on the Mountain Top* (Dutton, 2003).

Richard Fortey, *Life: An Unauthorised Biography* (HarperCollins, 1997).

______, *Trilobite* (HarperCollins, 2000).

John C. Greene, *The Death of Adam* (Iowa State University Press, 1959).

Mark Jaffe, *The Gilded Dinosaur* (Crown, 2000).

Melvin E. Jahn and Daniel J. Woolf, *The Lying Stones of Dr. Beringer* (University of California Press, 1963).

T. S. Kemp, *Fossils and Evolution* (Oxford University Press, 1999).

Arthur O. Lovejoy, *The Great Chain of Being* (Harvard University Press, 1939).

W. J. T. Mitchell, *The Last Dinosaur Book* (University of Chicago Press, 1998).

Donald Prothero, *Bringing Fossils to Life* (WCB McGraw-Hill, 1998).

David M. Raup and Steven M. Stanley, *Principles of Paleontology* (Freeman, 1971).

Martin Redfern, *The Earth* (Oxford University Press, 2003).

Martin J. S. Rudwick, *The Meaning of Fossils,* 2nd edn. (Science History Publications, 1976).

______, *Scenes from Deep Time* (University of Chicago Press, 1992).

George Gaylord Simpson, *Tempo and Mode in Evolution* (Columbia University Press, 1944).

Ian Tattersall, *The Fossil Trail* (Oxford University Press, 1995).

Keith S. Thomson, *Living Fossil* (W. W. Norton, 1991).

مصادر الصور

(2–1) Oxford University Museum of Natural History.

(2–2) Oxford University Museum of Natural History.

(3–1) Oxford University Museum of Natural History.

(3–2) By permission of Roderick Gordon and Diana Harman.

(4–1) © Sinclair Stammers/Science Photo Library.

(4–2) (a) Dr. Derek Siveter; (b) from *Palaeontology* 31, 779–798 (1988) with permission.

(4–3) © Reg Morrison/Auscape.

(5–1) Courtesy of the Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA and the author.

(5–2) Oxford University Museum of Natural History.

(5–3) Oxford University Museum of Natural History.

(6–1) Peabody Museum volume 30, © Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.

(6–2) Linda Price Thomson, redrawn from *Palaeontology* 78, 234 (2004).

(6–3) Robert McCracken Peck.

(6–4) Oxford University Museum of Natural History.

(6–5) ‘The Age of Reptiles’, a mural by Rudolph F. Zallinger. © 1966, 1975, 1985, 1989, Peabody Museum of Natural History, Yale University, New Haven, Connecticut, USA.

(7–1) Linda Price Thomson, after John Phillips, *Life on Earth* (1860).

(8–1) © Karen/Corbis Sygma.

(8–2) Ian Tattersall, *The Fossil Trail.*

(9–1) Linda Price Thomson, after Joseph Weiner, *The Piltdown Forgery* (1955).

(9–2) Oxford University Museum of Natural History.

(9–3) © O. Louis Mazzatenta/National Geographic Image Collection.